



**João Pedro Costa Duarte**

Licenciado em Ciências de Engenharia do Ambiente

**Desenvolvimento de uma Metodologia para  
a Criação de Ecossistemas Industriais  
Envolvendo Cimenteiras e sua Aplicação  
na Região de Setúbal**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia do Ambiente

Orientador: Prof. Doutor Nuno Miguel Ribeiro Videira Costa,  
Professor Auxiliar, FCT-UNL

Co-orientador: Engenheira Susana Ribeiro Mercier,  
Fábrica Secil-Outão

Júri

Presidente: Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Paula Baptista da Costa Antunes

Arguente: Prof. Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo

Vogal: Prof. Doutor Nuno Miguel Ribeiro Videira Costa



## **DIREITOS DE CÓPIA**

Desenvolvimento de uma Metodologia para a Criação de Ecossistemas Industriais e a sua Aplicação na Região de Setúbal © João Pedro Costa Duarte, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Universidade Nova de Lisboa. A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar aos meus pais que sempre me apoiaram e me ofereceram esta oportunidade de tirar um curso superior, transmitindo compreensão e força mesmo nas alturas mais difíceis. A toda a minha família pela preocupação e força transmitida.

À equipa do Departamento de Qualidade, Ambiente e Segurança da SECIL-Outão, Eng<sup>a</sup>. Susana Mercier, Eng. Nuno Tempera, Técnico Tiago Santos, Eng<sup>a</sup> Catarina Tudella, Eng. António Curioso e Eng<sup>a</sup>. Teresa Escarduca por tão bem me acolherem durante todo o estágio, pelos almoços descontraídos e pelos conhecimentos transmitidos. Um agradecimento especial à coorientadora desta dissertação, a Eng. Susana Mercier por toda a disponibilidade em ajudar, pela transmissão de conhecimentos e experiências e pela simpatia que sempre demonstrou.

Aos colaboradores das empresas que se disponibilizaram o seu tempo para as entrevistas, transmitindo os conhecimentos e informação essencial para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Nuno Videira, pela orientação dada durante o último ano, pela disponibilidade e pelo conhecimento transmitido.

À Rita, um obrigado pela tua presença, paciência e persistência nas alturas mais complicadas deste trabalho.

Aos meus amigos Rodrigo, Cadimas, Miguel e Pires pela amizade, conversas de apoio e pela companhia nas alturas de descontração.

Ao Samuel, à Filipa, ao Palma, ao Chefe, Miguel e Sequeira pela vossa presença nesta etapa e por toda a amizade.



## Resumo

A Ecologia Industrial defende o desenvolvimento de ciclos sustentáveis de produção, distribuição, consumo tão fechados quanto possível. Para este fim, um dos conceitos chave é o de Ecosistema Industrial, que envolve o fecho de ciclos através da reciclagem, maximizando o uso de materiais reciclados na produção de novos, otimizando o uso de matérias-primas naturais reduzindo o *input* energético, diminuindo a geração de resíduos e reavaliando-os como matérias-primas para processos de outras indústrias.

O principal objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma metodologia para apoiar os processos de criação de ecossistemas industriais envolvendo indústrias do setor da produção de cimento. Para testar a referida metodologia procurou avaliar-se a possibilidade de criar um ecossistema industrial na zona de Setúbal.

A metodologia utilizada consistiu na elaboração e teste de um modelo conceptual faseado para a criação de ecossistemas industriais envolvendo cimenteiras. Este modelo foi aplicado na região de Setúbal, através de um conjunto de entrevistas com atores-chave com vista à avaliação das oportunidades de simbioses com a cimenteira da Secil. Foram realizadas 9 entrevistas com indústrias de áreas de atividade distintas em que se apresentou uma proposta inicial de simbiose. Após este passo, foi apresentada uma proposta à Secil com os resíduos identificados e elaborada uma lista final de possibilidades de simbiose envolvendo resíduos. Não foram desenvolvidas possibilidades de simbiose envolvendo água ou energia, uma vez que foi considerado que a fábrica Secil-Outão não possui as infraestruturas necessárias para essas opções.

Assim, foram identificados 19 tipos de resíduos que se propõem aplicar em simbioses industriais, 11 com vista à sua valorização energética e 8 para valorização material e ainda 15 numa ótica de gestão de resíduos, uma vez que seriam fluxos trocados com empresas de reciclagem. As empresas reconheceram ainda a importância dos princípios dos ecossistemas industriais e revelaram as suas perceções sobre as dificuldades destas abordagens, maioritariamente relacionadas com o excesso de custos e burocracia. Sendo as empresas as maiores beneficiadas com as simbioses industriais, estas devem promover uma colaboração contínua na procura de novas opções de ligações e prosseguir uma melhoria das suas práticas e do seu negócio, tendo em vista o seu desenvolvimento sustentável. Assim, a metodologia proposta na presente dissertação contribui para o desenvolvimento de ferramentas participadas de apoio à identificação e avaliação sistemática de oportunidades de criação de ecossistemas industriais.

**Palavras-chave:** Ecologia Industrial; Ecosistema Industrial; Modelo de identificação de simbioses industriais; Setúbal; Produção de cimento; Fábrica Secil-Outão.





## **Abstract**

Industrial Ecology calls for the development of sustainable production cycles, distribution, consumption and waste production. For this purpose, one of the key concepts is that of Industrial Ecosystem, which involves “closing the loops” by recycling, making maximum use of recycled materials in new production processes, optimizing use of materials and embedded energy, minimizing waste generation, and reevaluating “wastes” as raw material for processes of other industries.

The main objective of this work was to develop a methodology aimed to support the processes for the creation of industrial ecosystems involving cement industries. To test this methodology, the proposed conceptual model was applied to evaluate the possibility of creating an industrial ecosystem in the region of Setúbal, in Portugal.

The methodology consisted of in-person interviews with representatives of companies of Setúbal's region that could create symbioses with Secil's cement factory. A total of nine interviews were conducted with industries in distinct areas of activity to which it was presented a preliminary proposal of symbiosis. After this step, a proposal was made to Secil with every waste type identified and a final list of possibilities of symbiosis involving waste was drawn up. There were no possibilities developed for symbiosis involving water or energy since the Secil-Outão factory does not currently possess the infrastructures that enable these situations.

Main results indicate that a total of 19 waste types were identified for symbiosis, 11 of which for energy valorization and eight for material valorization and another 15 were proposed in a perspective of waste management, since these would be sent for recycling companies. Companies have recognized the importance of industrial ecosystems principles and revealed major concerns for implementation of the proposed model, mainly related with potential excessive costs and bureaucracy. We conclude that since companies are expected to benefit with industrial symbioses, they must continuously assess new connectivity options and should continue to strive for an improvement of practices and of their business, with a view to sustainable development.

**Key words:** Industrial Ecology; Industrial Ecosystem; Conceptual model for the identification of industrial symbiosis; Setúbal; Cement production; Secil-Outão factory.



## **SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES**

ACV - Análise de Ciclo de Vida;

AICV - Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida;

AFM - Análise de Fluxo de Materiais;

APA - Agência Portuguesa do Ambiente;

BREF - *Best Reference Available Techniques* – Documento de Referência das Melhores Técnicas Disponíveis;

Cd - Cádmio;

CE - Comissão Europeia;

CO - Monóxido de carbono;

COT - Compostos Orgânicos;

Cr - Crómio;

DfE - Ecodesign;

EMAS - *Eco-Management and Audit Scheme* – Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria;

HCl - Ácido Clorídrico;

HF- Fluoreto de Hidrogénio;

Hg - Mercúrio;

ISO - *International Organization for Standardization*;

MgO - Óxido de Magnésio;

MTD - Melhor Técnica Disponível;

NH<sub>3</sub> - Amoníaco;

NO<sub>x</sub> - Óxidos de Azoto;

PP - Prevenção da Poluição;

SO<sub>2</sub> - Dióxido de Enxofre;

TMES - Total de Material Exigido e de Saída;

TFESM - Tabelas Físicas de Entrada e Saída de Materiais;

TUR - Redução do Uso de Tóxicos;

UE - União Europeia;

WBCSD - *World Business Council for Sustainable Development* – Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável.



## Índice de Matérias

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento .....	1
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Estrutura e Organização da Dissertação .....	3
2	Revisão da Literatura .....	5
2.1	Ecologia Industrial .....	5
2.1.1	Conceito de Ecologia Industrial.....	5
2.1.2	Condições Essenciais Para a Aplicação do Conceito de Ecologia Industrial .....	6
2.1.3	A Importância da Participação Pública na Aplicação dos Conceitos .....	6
2.2	Simbioses e EcoParques Industriais.....	7
2.2.1	Conceitos chave sobre Simbioses e Ecoparques Industriais.....	7
2.2.2	Benefícios e Limitações dos Parques Industriais.....	10
2.3	Ferramentas Utilizadas na Ecologia Industrial .....	11
2.3.1	Ferramentas de Aplicabilidade Transversal .....	13
2.3.2	Ferramentas de Inventário .....	15
2.3.3	Ferramentas de desenvolvimento de alternativas de melhoria.....	17
2.3.4	Ferramentas de avaliação de alternativas .....	20
2.3.5	Ferramentas de Gestão.....	23
3	Caracterização Geral da Atividade de Produção de Cimento.....	27
3.1	Processo de Fabrico do Cimento .....	27
3.2	Casos de Estudo na Indústria do Cimento.....	28
3.3	Coprocessamento de resíduos em cimenteiras .....	31
4	Metodologia da Dissertação .....	33
5	Modelo de Identificação de Oportunidades para Simbioses Industriais em Cimenteiras .....	35
6	Caso de Estudo : SECIL – Fábrica Outão.....	37
6.1	Definição do Âmbito .....	37
6.1.1	Caracterização do Caso de Estudo – Fábrica Secil-Outão.....	37
6.1.2	Ferramentas de Ecologia Industrial utilizadas na Secil .....	38
6.1.3	Possibilidade de Simbiose envolvendo trocas de água e energia .....	39
6.1.4	Resíduos com possibilidade de simbiose na fábrica SECIL-Outão .....	40
6.1.5	Levantamento de Empresas na Zona de Setúbal com Potencial para Possíveis Simbioses .....	42
6.2	Identificação de Oportunidades.....	43
6.2.1	Seleção das Empresas com Potencial de Simbiose .....	43
6.2.2	Entrevistas a Empresas com Potencial para Criação de Simbioses .....	46
6.3	Seleção de Alternativas .....	69
6.3.1	Combustíveis Alternativos .....	70

6.3.2	Matérias-primas secundárias e aditivos para o cimento .....	77
6.3.3	Resíduos propostos no âmbito da gestão de resíduos .....	82
6.3.4	Proposta preliminar de alternativas para a criação de simbioses .....	84
7	Conclusões e desenvolvimentos futuros .....	87
7.1	Limitações do estudo .....	88
7.2	Desenvolvimentos Futuros .....	89
	Referências Bibliográficas .....	91
	Anexos .....	97
	Anexo I: Identificação dos Colaboradores Entrevistados e Respetivas Funções .....	97
	Anexo II: Guião das entrevistas efetuadas às empresas selecionadas .....	98
	Anexo III: Guião da entrevista efetuada ao colaborador da Secil .....	99
	Anexo IV: Documentos Consultados para a Definição do Âmbito .....	100
	Anexo V: BREF's Utilizados para a Definição do Âmbito .....	101

## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Diferenças entre os ciclos de matérias-primas dos sistemas industriais (Adaptado de: Tibbs, 1993).....	1
Figura 1.2 - Benefícios do coprocessamento (Adaptado de: CEMBUREAU, 2009).....	2
Figura 2.1 - Representação do conceito de simbioses industriais (Adaptado de: Zhang <i>et al.</i> , 2014) ..	8
Figura 3.1 – Inputs típicos do processo de fabrico do cimento.....	27
Figura 3.2 - Processo de fabrico do cimento.....	28
Figura 4.1 - Metodologia utilizada no teste e implementação prática do modelo conceptual proposto	34
Figura 5.1 - Modelo de identificação de oportunidades para simbioses industriais em cimenteiras ....	35
Figura 6.1 - Evolução da produção de cimento Secil em Portugal de 2008 a 2014 (Fonte: Secil, 2009; Secil, 2010; Secil, 2011; Secil, 2012; Secil, 2013; Secil, 2014c) .....	37
Figura 6.2 - Enquadramento geográfico da fábrica Secil-Outão.....	38
Figura 6.3 - Substituição de materiais relativamente às fases do processo de fabrico do cimento .....	40
Figura 6.4 - Enquadramento geográfico das empresas selecionadas (Fonte: Google Earth).....	44
Figura 6.5 - Conhecimento dos entrevistados sobre o conceito de ecossistema industrial .....	46
Figura 6.6 - Aplicação dos conceitos de ecossistema industrial nos processos .....	46
Figura 6.7 - Vantagens identificadas com a aplicação das práticas dos ecossistemas industriais .....	48
Figura 6.8 - Entraves identificados na aplicação de práticas dos ecossistemas industriais.....	49
Figura 6.9 - Oportunidades de melhoria identificadas para uma correta aplicação de conceitos dos ecossistemas industriais.....	50
Figura 6.10 - Simbioses identificadas com as entrevistas às empresas .....	68
Figura 6.11 - Propostas consolidadas de criação de simbioses, integrando os diferentes resultados obtidos ao longo da implementação do modelo proposto.....	86





## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Tipos de atividades de cooperação entre organizações em ecoparques industriais (Adaptado de: Tudor et al., 2006) .....	9
Tabela 2.2 - Síntese de ferramentas de aplicabilidade transversal .....	14
Tabela 2.3 - Síntese de ferramentas de Inventário .....	16
Tabela 2.4 - Síntese de ferramentas de desenvolvimento de alternativas de melhoria .....	19
Tabela 2.5 - Síntese de ferramentas de avaliação de alternativas .....	22
Tabela 2.6 - Síntese de ferramentas de gestão .....	25
Tabela 3.1 - Casos de estudo de cimenteiras em ecossistemas industriais .....	30
Tabela 6.1 - Matérias-primas alternativas utilizadas na substituição de matérias-primas naturais .....	41
Tabela 6.2 - Combustíveis alternativos utilizados em substituição de combustíveis fósseis .....	42
Tabela 6.3 - Levantamento preliminar de empresas com possibilidades de simbiose com cimenteiras .....	43
Tabela 6.4 – Cooperações identificadas nas entrevistas às empresas seleccionadas .....	47
Tabela 6.5 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Autoeuropa envolvendo resíduos que poderão seguir para a Secil.....	52
Tabela 6.6 - Proposta preliminar apresentada à Autoeuropa envolvendo resíduos que poderão seguir a partir da Secil.....	53
Tabela 6.7 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Lisnave .....	53
Tabela 6.8 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Parmalat .....	54
Tabela 6.9 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à The Navigator Company .....	55
Tabela 6.10 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Reginacork .....	58
Tabela 6.11 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Safetykleen.....	59
Tabela 6.12 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Sopac .....	60
Tabela 6.13 - Proposta preliminar apresentada à Viroc.....	61
Tabela 6.14 - Proposta preliminar apresentada à Ambicare no âmbito da gestão de resíduos.....	61
Tabela 6.15 - Proposta preliminar apresentada à Safetykleen no âmbito da gestão de resíduos .....	63
Tabela 6.16 - Resumo das pontes de ligação identificadas por código LER e por CAE (Código de Atividades Económicas) de cada empresa .....	64
Tabela 6.17 - Combustíveis alternativos de código LER 02 identificados como possibilidade de constituir simbiose .....	70
Tabela 6.18 - Combustíveis alternativos de código LER 03 identificados como possibilidade de constituir simbiose .....	71
Tabela 6.19 - Combustíveis alternativos de código LER 12 identificados como possibilidade de constituir simbiose .....	72
Tabela 6.20 - Combustíveis alternativos de código LER 13 identificados como possibilidade de constituir simbiose .....	73
Tabela 6.21 - Combustíveis alternativos de código LER 15 identificados como possibilidade de constituir simbiose .....	74
Tabela 6.22 - Combustíveis alternativos de código LER 19 identificados como possibilidade de constituir simbiose .....	76
Tabela 6.23 – Combustíveis alternativos de código LER 20 identificados como possibilidade de constituir simbiose .....	77
Tabela 6.24 - Matérias-primas secundárias de código LER 03 identificadas como possibilidade de constituir simbiose .....	77
Tabela 6.25 - Matérias-primas secundárias de código LER 10 identificadas como possibilidade de constituir simbiose .....	78
Tabela 6.26 - Matérias-primas secundárias de código LER 12 identificadas como possibilidade de constituir simbiose .....	80
Tabela 6.27 - Resíduos identificados no âmbito da gestão de resíduos de código LER 08 .....	82
Tabela 6.28 - Resíduos identificados no âmbito da gestão de resíduos de código LER 14 .....	82
Tabela 6.29 - Resíduos identificados no âmbito da gestão de resíduos de código LER 15 .....	83

Tabela 6.30 - Resíduos identificados no âmbito da gestão de resíduos de código LER 16 .....	83
Tabela 6.31 - Resíduos identificados no âmbito da gestão de resíduos de código LER 20 .....	84
Tabela 6.32 - Lista preliminar identificada após a seleção de alternativas.....	85

# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento

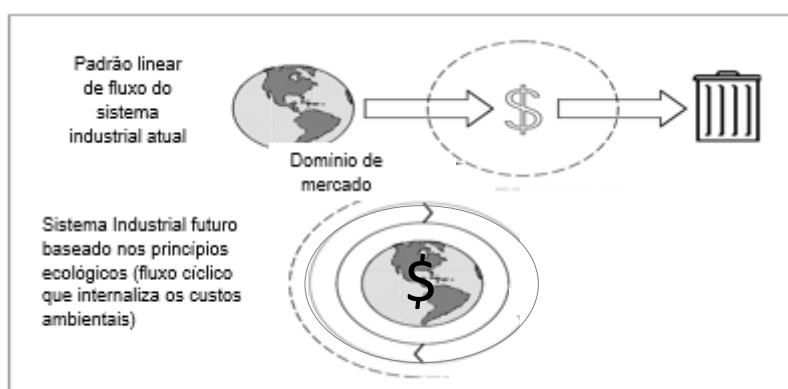
A crise ambiental que se vive há décadas teve como principal causa a industrialização em larga escala. É necessário que os sistemas industriais se alterem e adaptem às condições atuais de modo a eliminar as causas dos danos ambientais. Estas alterações deverão permitir a viabilização a longo prazo desses sistemas, coexistindo com os sistemas naturais (Tibbs, 1993).

A legislação ambiental aplicada pelos governos cada vez é mais exigente e as organizações da sociedade começam a estar mais sensibilizadas para os problemas ambientais. As empresas começaram assim, a reagir adotando medidas e instrumentos de gestão ambiental, o que levou à necessidade de seguir estratégias orientadoras, de gestão e apoiadas em tecnologias mais ecológicas. Estas deverão ser regulamentadas ao nível governamental, o qual deverá estabelecer as diretrizes para o estabelecimento destas estratégias (Tibbs, 1993; Samolada & Zabaniotou, 2013).

Até aos anos 50 do séc. XX, o sistema produtivo considerava-se isoladamente, sendo que os problemas ambientais não faziam parte do sistema industrial (Araujo *et al.*, 2003). Durante anos, os procedimentos de mitigação de emissão de poluentes tóxicos resumiam-se à escala local (Tibbs, 1993). Os estudos tinham maioritariamente como foco as consequências da poluição nos sistemas naturais e não as suas causas, situação denominada tratamento *end-of-pipe* (Araujo *et al.*, 2003; Boix *et al.*, 2014).

Hoje em dia, devido à escala que os sistemas industriais atingiram, é necessário considerar uma responsabilidade global de modo a combater as ameaças da poluição derivada das indústrias. O sistema industrial cresceu a grande velocidade, ultrapassando a capacidade de processamento e resiliência do sistema natural e essa situação causou os desequilíbrios que verificamos atualmente. O sistema natural é o sistema mais engenhoso e adaptativo conhecido pela Humanidade mas tem os seus limites de absorção e transformação de substâncias químicas naturais e sintéticas. Uma das soluções preconizadas será adaptar os mecanismos do sistema natural ao sistema industrial, permitindo a sua coexistência sem ameaçar a viabilidade de cada um deles (Figura 1.1) (Tibbs, 1993; Zhu *et al.*, 2007).

A principal causa das dificuldades ambientais reveladas pelos sistemas industriais são os fluxos lineares que os constituem, com a utilização de matérias-primas naturais e energia fóssil retiradas dos ecossistemas e com a deposição dos resíduos de novo na Natureza. Já o sistema natural é um sistema cíclico em que os materiais são transformados indefinidamente, funcionando quase totalmente a energia solar (Tibbs, 1993).



**Figura 1.1 - Diferenças entre os ciclos de matérias-primas dos sistemas industriais (Adaptado de: Tibbs, 1993)**

Assim, deveremos aproximar a economia industrial ao exemplo dado pelos sistemas naturais, estabelecendo um fluxo contínuo de materiais que reduz o nível de *input* energético, a utilização de matérias-primas e a produção de resíduos. Esta economia circular não seria limitada apenas à atividade económica e ao crescimento que poderá gerar, mas também à utilização de matérias-primas naturais e energia necessária. Esta é compatível com o desenvolvimento tecnológico contínuo, direcionado para a evolução dos processos industriais tendo em conta os aspetos ambientais inerentes (Tibbs, 1993; Despeisse *et al.*, 2012). Surgiu assim a necessidade de criar um conceito que proporcionasse o estabelecimento destes princípios.

Para a aplicação prática do trabalho, considerou-se o setor cimenteiro, cuja atividade tem uma importante relevância para a sociedade e que é pautada pela utilização de conceitos de economia circular e de desenvolvimento tecnológico contínuo baseados num desenvolvimento sustentável. A informação presente nesta dissertação foi enriquecida por um estágio curricular de seis meses numa fábrica cimenteira.

A indústria cimenteira é responsável por significativas emissões de CO<sub>2</sub> e emissões de poeiras para a atmosfera, outros gases, ruído e vibrações. Em 1993, a União Europeia (UE) apurou que o setor estava a atingir níveis limite de sustentabilidade devido à utilização intensiva de matérias-primas naturais e emissões atmosféricas. Foi então realizado um estudo quanto à possibilidade de melhoria dos processos produtivos do cimento através de tecnologias inovadoras e concluído que a aplicação destas não garantiria a sustentabilidade desta atividade industrial (CEMBUREAU, 2009).

Sendo o cimento um produto essencial para a sociedade, pois garante condições de habitabilidade, infraestruturas e de segurança, novas práticas teriam de ser adotadas (CEMBUREAU, 2009). Foi nesta fase que começaram a surgir estudos sobre a possibilidade de utilizar resíduos como combustíveis alternativos, bem como na substituição de matérias-primas naturais. O denominado co-processamento oferecia a solução ótima para a valorização de resíduos, não pondo em causa a qualidade final do cimento, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub> e outras emissões atmosféricas e ainda proporcionando um ganho económico para as indústrias (Figura 1.2). Hoje em dia, esta técnica é reconhecida e legislada pela UE, sendo considerada como a Melhor Técnica Disponível (MTD) (CEMBUREAU, 2009). A indústria cimenteira é, assim, um dos setores de atividade em que haverá maiores benefícios da realização de co-processamento e que por isso, poderá servir de base para o estabelecimento de um ecossistema industrial.



**Figura 1.2 - Benefícios do coprocessamento (Adaptado de: CEMBUREAU, 2009)**

A bibliografia pesquisada demonstrou algumas oportunidades de investigação em relação ao setor cimenteiro e ao estabelecimento de ecossistemas industriais. Foram identificados trabalhos que utilizam casos de estudo e *benchmarking* para a identificação de resíduos a aplicar no co-processamento em cimenteiras como o Baidya *et al.* (2016) e outros como o de Ammenberg *et al.* (2014) em que foram usadas ferramentas como a Análise de Ciclo de Vida (ACV) para conhecer os benefícios e os impactos desta prática. O trabalho de Gondkar *et al.* (2012) estabelece metodologias para a avaliação e otimização de ecossistemas industriais, utilizando várias ferramentas de Ecologia Industrial podendo ser utilizado como modelo geral para as várias indústrias. Dos trabalhos pesquisados verificou-se a inexistência de uma metodologia sistemática e participada de identificação e avaliação de oportunidades de simbioses, que pudesse ser aplicada diretamente ao setor industrial da produção de cimento, tendo em conta todas as suas características e particularidades. Assim, surgiu a oportunidade de estabelecer um método universal para todas as cimenteiras cujo objetivo seja fazerem parte de um ecossistema industrial.

## **1.2 Objetivos**

O principal objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia para apoiar os processos de criação de ecossistemas industriais envolvendo indústrias do setor da produção de cimento. Para testar a referida metodologia procurou avaliar-se a possibilidade de criar um ecossistema industrial na zona de Setúbal. O método utilizado assenta na recolha das opiniões de empresas sobre a área de gestão de resíduos de modo a verificar vantagens, problemas e oportunidades de melhoria. O caso de estudo foi a fábrica Secil-Outão, em Setúbal.

## **1.3 Estrutura e Organização da Dissertação**

Este trabalho encontra-se dividido em seis partes distintas, nomeadamente introdução, revisão da literatura, metodologia, modelo de identificação de resíduos para cimenteiras, resultados e discussão e conclusão. A introdução estabelece o enquadramento do tema a ser tratado, os objetivos da presente dissertação, as questões de investigação e a sua organização estrutural. Na revisão da literatura são apresentadas várias visões sobre ecologia industrial, ecossistemas industriais, simbioses industriais e ferramentas utilizadas nesta área. É ainda explicado o processo de fabrico do cimento e feita a conexão da indústria cimenteira com a ecologia industrial.

É apresentada posteriormente a metodologia da dissertação, em que é esquematizada a forma como se desenvolveu o trabalho, os apoios documentais apresentados e os métodos utilizados para chegar aos resultados. De seguida, vem apresentado o modelo de identificação e avaliação de oportunidades para criação de simbioses industriais em cimenteiras com uma proposta conceptual que pode ser utilizada pelas diferentes empresas do sector. Após este ponto, são apresentados e discutidos os resultados. Finalmente apresenta-se a conclusão, onde se faz uma análise dos resultados apresentados. Neste último capítulo são identificadas ainda as limitações do trabalho e propostos desenvolvimentos futuros nesta área.



## 2 Revisão da Literatura

### 2.1 Ecologia Industrial

#### 2.1.1 Conceito de Ecologia Industrial

Em 1947, George Renner usou uma aproximação baseada na ciência ecológica para descrever as relações entre as indústrias, estabelecendo a possibilidade de uma indústria entregar os resíduos resultantes da sua atividade a outra que os utilizasse como matéria-prima (Zhang *et al.*, 2014). Esse conceito estabeleceu-se como Ecologia Industrial. Este envolve o tratamento das infraestruturas industriais como se fossem parte de um sistema criado pelo Homem e que interage continuamente com o ecossistema natural global. A Ecologia Industrial considera como modelo para a eliminação dos problemas ambientais, o próprio sistema natural e os seus processos associados, criando um novo paradigma (Tibbs, 1993; Zhu *et al.*, 2007; Boix *et al.*, 2014).

O objetivo do conceito será interpretar e adaptar o conhecimento transmitido pelos sistemas naturais e aplicá-los aos sistemas criados pelo Homem, de modo a atingir um padrão de industrialização mais eficiente e ajustado às características do sistema natural. O sistema industrial estaria construído de raiz em concordância com os processos naturais, evitando problemas ambientais. A aplicação ideal da Ecologia Industrial deverá ser direcionada às necessidades e características das indústrias, permitindo um melhor desempenho ambiental, uma cooperação mais eficaz entre as mesmas e um desenvolvimento económico mais sustentável a longo prazo (Tibbs, 1993; Boix *et al.*, 2014).

A pretensão será desenvolver ciclos de produção, distribuição, consumo e devolução de resíduos tão fechados quanto possível. Através de um sistema industrial equilibrado e dos reaproveitamentos e transformações que sejam possíveis, o objetivo será utilizar apenas as matérias-primas naturais estritamente necessárias e restringir a pressão sobre a natureza (Marinho & Kiperstok, 2001; Despeisse *et al.*, 2012). Considera-se ainda a possibilidade de recuperar energia armazenada nos produtos sintéticos, que representam perigosidade acrescida para o ambiente. Estes poderão ser armazenados para utilização posterior, como é o caso de certos metais e derivados metálicos (Marinho & Kiperstok, 2001).

Relativamente aos processos de gestão, a Ecologia Industrial estabelece ferramentas para analisar as relações entre a indústria e o ambiente, promovendo bases para a definição de opções estratégicas e decisões políticas. Ayres (1988) propôs o termo metabolismo industrial para descrever os processos físicos que convertem as matérias-primas e energia em produtos finais e resíduos (Zhang *et al.*, 2014). Estas ferramentas vão para além da Análise de Ciclo de Vida (ACV), essencial para o melhor acompanhamento dos ciclos e identificação de alternativas, considerando ainda o mapeamento dos ecossistemas industriais e os padrões de metabolismo dos processos industriais (Tibbs, 1993; Despeisse *et al.*, 2012).

O termo “ecossistema natural” representa a extensão lógica do conceito de ACV. Envolve o fecho de ciclos através da reciclagem, maximizando o uso de materiais reciclados na produção de novos, otimizando o uso de matérias-primas naturais diminuindo o *input* energético, diminuindo a formação de resíduos e reavaliando-os como matérias-primas para outros processos. É um dos conceitos chave dentro da Ecologia Industrial (Tibbs, 1993; Patala *et al.*, 2014; Boix *et al.*, 2014).

### **2.1.2 Condições Essenciais Para a Aplicação do Conceito de Ecologia Industrial**

Em primeiro lugar, é necessário conhecimento pormenorizado e adequado aos objetivos que se pretendem atingir. O estudo das dinâmicas dos ecossistemas naturais seja à escala local ou global, é essencial. Este conhecimento permitirá conhecer a capacidade de assimilação e de recuperação do sistema e obter informação real sobre as condições ambientais em geral. Deverão ser identificadas formas através das quais as indústrias podem interagir com a natureza em segurança, em termos de localização, intensidade e *timing*, promovendo o ajuste adequado e contínuo relativamente às condições ambientais (Tibbs, 1993; Marinho & Kiperstok, 2001).

Os fluxos de substâncias químicas entre indústrias e biosfera deverão ser mapeados recorrendo, por exemplo, ao balanço de massas. Esta metodologia permite uma avaliação que integra detalhes químicos dos elementos, o que permite uma análise holística dos resíduos decorrentes dos processos industriais. Através destes processos, promove-se uma análise do impacto ambiental mais robusta, permitindo uma melhor avaliação do potencial de aproveitamento dos resíduos (Tibbs, 1993; Despeisse *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2014).

A desmaterialização dos processos industriais é outra das condições subjacentes ao conceito de Ecologia Industrial. Muitos dos impactos ambientais são resultado do consumo energético e, por isso, surge a necessidade de desmaterialização dos processos, ou seja, a redução do uso de materiais e da intensidade energética nas atividades produtivas. Esta tendência é influenciada por fatores como o aumento do custo de materiais de produção e o aumento da competição na procura por materiais de substituição (Tibbs, 1993).

O aperfeiçoamento das vias metabólicas dos processos industriais e do uso de materiais é também necessário. O estudo intensivo dos processos e reações químicas associadas e fluxos de materiais permite identificar áreas com potencial de melhoria. Muitos dos processos industriais envolvem uso de combustíveis fósseis a altas pressões e temperaturas. Estes processos envolvem ainda várias fases de produção, o que reduz a sua eficiência energética. Esse aperfeiçoamento visa a redução do número de fases com o objetivo de minimizar as perdas energéticas recorrendo a novas tecnologias (Tibbs, 1993; Zhang *et al.*, 2014).

Sendo a energia uma componente chave da atividade industrial e quantificando os gastos inerentes à sua extração, transporte e processamento, verifica-se que os seus impactos podem ser significativos. Assim, deverá considerar-se a investigação contínua nesta área, tendo como objetivo o aumento da eficiência energética e o uso de formas de energia mais limpas. Para além disso, uma correta aplicação do conceito de Ecologia Industrial deverá ser apoiada por políticas inovadoras integrando as dimensões económica, financeira e regulamentar (Tibbs, 1993).

Todas estas condições permitem aprofundar o conhecimento e considerar o ambiente como parte essencial da atividade industrial, com vista a tornar as indústrias resilientes e sustentáveis ao longo do tempo, transformando os problemas resultantes da produção de resíduos em oportunidades de negócio.

### **2.1.3 A Importância da Participação Pública na Aplicação dos Conceitos**

A participação pública representa uma temática muito importante para os processos decisórios, estando presente nas Declarações da Conferência das Nações Unidas de Estocolmo em 1972 e do Rio de Janeiro em 1992. Nesta última, é definido o princípio 10, que aborda esta questão. Este defende que “A melhor forma de tratar as questões ambientais é assegurar a participação de todos os



cidadãos interessados ao nível conveniente. Ao nível nacional, cada pessoa terá acesso adequado às informações relativas ao ambiente detidas pelas autoridades, incluindo informações sobre produtos e atividades perigosas nas suas comunidades, e a oportunidade de participar em processos de tomada de decisão.” (APA, 2016a).

Após a Declaração do Rio, foi adotada a Convenção de Aarhus em 1998 sobre o “Acesso à Informação, Participação do Público no Processo de Tomada de Decisão e Acesso à Justiça em Matéria de Ambiente”. Aqui foram definidos os três pilares da participação pública, nomeadamente o acesso à informação, a participação do público em processos de decisão e o acesso à justiça em matéria de ambiente (APA, 2016b).

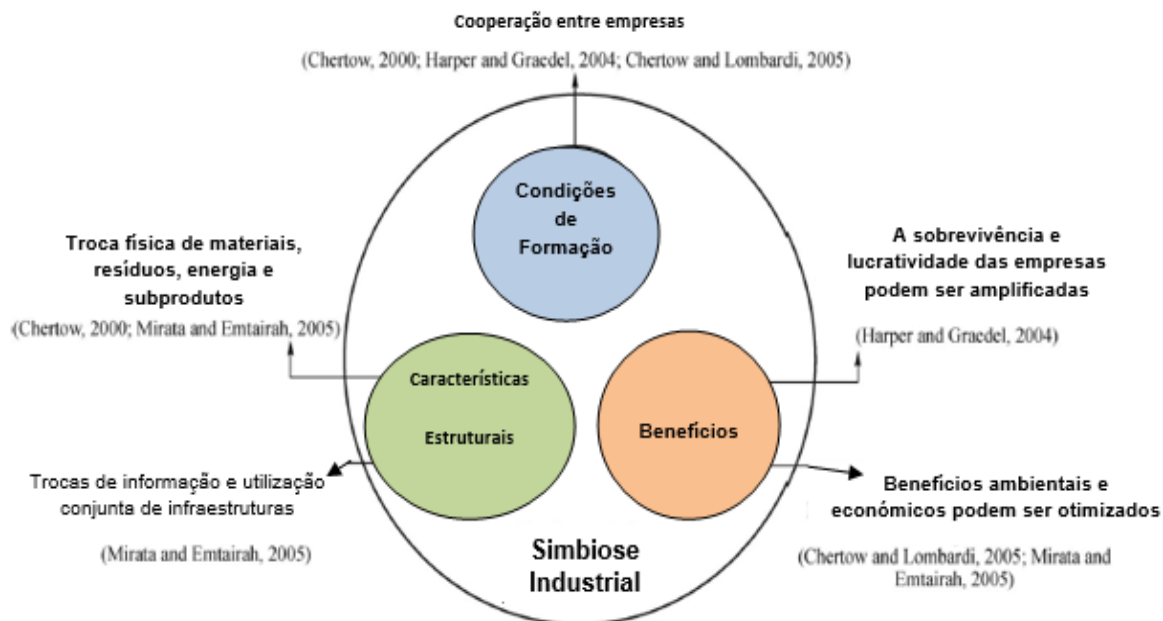
Diversas investigações foram depois efetuadas nessa matéria, o que permitiu a evolução dos conceitos e a sua aplicação através de diferentes metodologias. Uma nova interpretação de ecologia industrial permite assim novas oportunidades de cooperação entre empresas e autoridades, o que permitirá benefícios para todas as partes (Horváth & Harazin, 2015). O trabalho de Silva *et al.* (2016) teve como objetivo avaliar as relações entre empresas e agentes externos que promovem a inovação. Os resultados demonstrados corroboram os benefícios das cooperações, permitindo às empresas ultrapassar obstáculos impostos pela competitividade, tanto a nível ambiental, tecnológico e económico. Assim, estas relações são favoráveis ao desenvolvimento das empresas, ao criar situações de troca de informação e conhecimento que contribuem para as inovações em termos de negócio e produto.

## **2.2 Simbioses e EcoParques Industriais**

### **2.2.1 Conceitos chave sobre Simbioses e Ecoparques Industriais**

A designação Simbiose Industrial surgiu a partir do conceito de ecologia de simbiose entre seres, representando uma relação com ganhos para os seus participantes. Chertow (2007) define simbiose industrial como uma nova relação entre indústrias que produzem separadamente e que se associam de modo a obter vantagens envolvendo troca de materiais, energia, água e produtos secundários, aumentando a sua competitividade. Os aspetos chave são a colaboração e a possibilidade de sinergias decorrentes da proximidade geográfica. Esta considera os materiais, fluxos de energia e transformações que são geradas pelos atores económicos num determinado sistema geográfico delimitado (Boons *et al.*, 2011; Boix *et al.*, 2014).

As relações de simbiose entre as indústrias diminuem o custo das matérias-primas e o custo derivado da eliminação ou tratamento de resíduos uma vez que estes podem ser negociados ou trocados com outras indústrias que as utilizam nos seus processos de fabrico. O benefício económico é assim, um fator determinante da simbiose industrial (Hashimoto *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2014). É também importante o fator regulamentar estabelecido pela legislação existente. Este pode moldar e incentivar o estabelecimento de simbioses industriais, permitindo às empresas o cumprimento de aspetos regulamentares de cariz ambiental e o aumento de lucros. Esta relação pode ainda incluir a partilha de conhecimentos e de infraestruturas (Figura 2.1) (Hashimoto *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2014).



**Figura 2.1 - Representação do conceito de simbioses industriais (Adaptado de: Zhang *et al.*, 2014)**

Este conceito foi pela primeira vez introduzido em 1989 por Valdemar Christensen, um gestor de produção que estudou o mais célebre caso de simbiose industrial em Kalundborg (Dinamarca). Ali, um conjunto de empresas começou a colaborar de modo a reduzir custos, fortalecer o seu sistema de gestão de resíduos e usar água de forma mais eficiente. Esta simbiose iniciou-se de forma voluntária por indústrias que necessitavam de potenciar os seus lucros, de forma a continuar em funcionamento. As conclusões demonstram que as empresas conseguiram efetivamente potenciar e otimizar os seus benefícios económicos, ao mesmo tempo que melhoraram o seu desempenho ambiental (Zhang *et al.*, 2014).

Este conjunto de empresas representa um exemplo de um ecoparque industrial, elemento chave para viabilizar o ecossistema industrial (Araujo *et al.*, 2003). Um ecoparque industrial é uma comunidade de empresas de serviços ou manufatura que se associam procurando um melhor desempenho ambiental e económico, colaborando na gestão das questões ambientais e de reutilização de materiais e resíduos. Ao trabalhar em conjunto, a comunidade procura um benefício coletivo que é maior do que a soma dos benefícios individuais de cada empresa (Tudor *et al.*, 2006; Boix *et al.*, 2014).

Essa comunidade tem como objetivo fechar os ciclos de materiais na sua cadeia tendo em conta o ciclo de vida desde a extração de matérias-primas naturais até ao consumo dos seus produtos e produção de resíduos. São baseados em três principais conceitos: a ecologia industrial, a ecologia biológica e as perspetivas espaciais do local onde estão estabelecidas. A co-localização e integração das organizações, permitindo o uso de resíduos como matéria-prima são cruciais e permitem a circulação ótima de materiais e energia. No entanto as ineficiências existem, devido à perda de energia e materiais ao longo dos processos de produção, consumo, reciclagem e ciclo de reutilização (Tudor *et al.*, 2006).

Os três princípios chave na criação de um ecossistema industrial são a minimização da necessidade energética, o uso de resíduos industriais como *inputs* para os processos de produção e o desenvolvimento de um sistema diversificado e resiliente (Tudor *et al.*, 2006). Através destes princípios estabelecem-se as estratégias para a instalação de eco parques industriais. Estas deverão basear-se na cooperação, na iniciativa por parte das indústrias e partes interessadas e na sua

participação ativa. Além disso, as organizações não deverão estar em competição direta, deverão estar localizadas proximamente e deverá haver diversidade das atividades industriais de modo a existirem fluxos complementares de materiais. Na tabela 2.1 apresentam-se vários tipos de cooperação entre organizações.

**Tabela 2.1 - Tipos de atividades de cooperação entre organizações em ecoparques industriais (Adaptado de: Tudor et al., 2006)**

Opções para processos produtivos sustentáveis	Opções para a organização sustentável de áreas industriais
Troca de energia, matérias-primas e água	Uso mais intensivo e organizado de espaços
Utilização conjunta de instalações e de funções	Serviços públicos com efeitos úteis para colaboradores e empresas
Recolha e eliminação coletiva de resíduos	Utilização conjunta de instalações comerciais
Transporte combinado de colaboradores e bens	Transporte multimodal e transporte público de alta qualidade

Os ecoparques industriais podem ser agrupados conforme as suas características e tipologias. Relativamente à localização do parque, este pode ser um eco parque co-localizado ou um ecoparque virtual. Os parques co-localizados são grupos de empresas no mesmo local ou na mesma pequena região. Assim, os custos de transporte e de acidente são minimizados, permitindo uma otimização de benefícios ambientais e económicos. Os ecoparques virtuais podem ocupar uma área muito maior e podem basear-se em trocas de produtos e resíduos em indústrias separadas por longas distâncias. Este tipo de ecoparques pode eliminar os custos resultantes da construção de raiz de uma área industrial e ainda permitir a maior eficiência na disposição de matérias que não estariam ao alcance de outras indústrias devido à longa distância (Tudor et al., 2006).

Os parques co-localizados podem ainda ser divididos em dois diferentes tipos: parques industriais de simbiose e parques industriais mistos. O primeiro tipo refere-se a eco parques em que as relações entre as indústrias são mais fortes e eficientes. O último tipo refere-se a parques industriais com atividades industriais mais diversificadas mas com um menor nível de eficiência na relação entre os processos produtivos (Tudor et al., 2006).

Chertow (2007) analisou a formação e desenvolvimento histórico dos ecoparques industriais e propôs a divisão entre parques ecoindustriais planeados e parques organizados voluntariamente. Os parques planeados resultam de esforços normalmente feitos pelos governos para identificar diferentes indústrias que poderiam trabalhar em conjunto e estabelecer simbioses. Os parques organizados voluntariamente são resultado das preocupações e visão de atores privados que procuram oportunidades de troca para os seus resíduos e subprodutos (Tudor et al., 2006).

Os ecoparques podem também ser divididos em novos parques planeados e grupos industriais existentes. Os novos parques são organizados de raiz e baseados na análise e planeamento. Este conceito considera que o principal objetivo será promover a adoção de tecnologias de manufatura mais ecológicas e incentivar a construção conjunta de infraestruturas como sistemas de tratamento. Nos parques criados a partir da transformação de grupos já existentes de empresas, o objetivo é a construção de sistemas de troca de resíduos e energia, promovendo as sinergias entre indústrias (Tudor et al., 2006).

Tendo em conta as diferentes composições industriais, os parques podem ser ainda classificados em ecoparque de setor integrado, setor específico e parques de reutilização e reciclagem. Esta classificação tem em conta as diferentes composições industriais. Os ecoparques de setor integrado

são compostos por indústrias de diferentes setores e possuem zonas de desenvolvimento tecnológico, técnico ou económico. Os ecoparques de setor específico são constituídos por empresas do mesmo setor industrial e outras relacionadas. A maior parte destes desenvolveu-se com o aumento de integração de fluxos de materiais e energia. Os parques de reutilização e reciclagem são constituídos por indústrias de reciclagem e recuperação de recursos. O seu objetivo é transformar os resíduos em matérias-primas, diminuindo a necessidade de recolha destes na natureza (Tudor *et al.*, 2006).

Finalmente, os ecoparques podem ser divididos quanto à natureza das relações entre membros do complexo. Wang & Yin (2005) classificaram os ecoparques industriais em parques de dependência orientada, igualmente orientada e categorias agrupadas. Os parques de dependência orientada desenvolveram-se em redor de uma ou mais empresas principais. Podem ainda ser divididos em parques com dependência singular (só com um membro chave) e com múltiplas dependências (com 2 ou mais membros chave). Nos parques de dependência igualmente orientada as empresas têm posições igualitárias e não dependem exclusivamente umas das outras. Os parques que combinam estas duas categorias são chamados parques de categorias agrupadas (Tudor *et al.*, 2006).

Tudor *et al.* (2006) defendem que futuramente será necessário dividir os ecoparques em categorias mais objetivas, utilizando critérios quantitativos, nomeadamente através da análise das suas características estruturais internas. Este desenvolvimento ajudará a revelar como é que as diferenças estruturais influenciam a troca de materiais, energia, produtos secundários e resíduos e assim, permitir a identificação de problemas operacionais e consequente eficiência na utilização de recursos.

### **2.2.2 Benefícios e Limitações dos Parques Industriais**

A instalação de parques industriais traz benefícios às empresas que neles se estabelecem. Além de permitir o uso de resíduos de outras indústrias como matéria-prima para os seus processos, a possibilidade de sinergias com outras empresas é um dos principais benefícios. Estes poderão significar benefícios económicos devido à partilha de informação, distribuidores, mercados, recursos e sistemas de suporte. Os custos provenientes da produção de resíduos podem ser reduzidos, bem como os referentes ao consumo de recursos naturais como a água, energia e matérias-primas primárias e a produtividade melhorada. Os gastos associados ao processo produtivo podem também ser atenuados, nomeadamente os custos de emissão de gases associados aos aspetos regulamentares (Tudor *et al.*, 2006; Hashimoto *et al.*, 2010; Samolada & Zabaniotou, 2013).

Embora garantam um vasto leque de benefícios, os parques industriais possuem também algumas limitações e desafios que necessitam de ser superados. A limitação mais evidente é a potencial fragilidade do sistema, que funciona através de cooperação entre as indústrias dos ecoparques. Por exemplo, se considerarmos um parque em que existe uma empresa chave e essa deixe de procurar as suas matérias-primas noutras empresas do sistema, ou se esta abandonar o espaço, toda a cadeia poderá ser comprometida. Esta potencial situação afetaria as restantes indústrias do sistema, colocando a sustentabilidade do eco parque em perigo. A solução para esta limitação terá sempre como base a cooperação, sendo que para assegurar a continuidade e bom funcionamento do sistema industrial, outra empresa deverá compensar as perdas que se verificariam (Marinho & Kiperstok, 2001; Tudor *et al.*, 2006; Boons *et al.*, 2011).

Um dos aspetos principais do conceito de eco parques é o fecho dos ciclos de resíduos e energia e estes podem ser afetados por flutuações nos preços de matérias-primas ou pela contribuição da tecnologia na criação e destruição de mercados. O clima político pode também afetar a estabilidade das indústrias, bem como a evolução dos mercados, uma vez que não existem garantias que a procura por um determinado produto seja constante ao longo do tempo. Outra dificuldade é o ceticismo das empresas em mudar a sua localização, mesmo que seja para fazer parte de um parque

industrial com todos os benefícios anteriormente descritos. Para a deslocalização, as empresas esperam ser compensadas monetariamente, situação que na maior parte das vezes não se verifica (Tudor *et al.*, 2006; Zhang e tal, 2014).

Finalmente, a existência de resíduos industriais que não podem ser economicamente reciclados prejudica a possibilidade de sinergias, pois nem todos os resíduos poderão ser aproveitados por outras indústrias e deverão ser enviados para destino final. Outra dificuldade verifica-se devido aos resíduos serem normalmente constituídos por misturas químicas. A reciclagem ou reutilização destas misturas seria complicada, e a separação dos materiais das misturas requer utilização de energia adicional, aumentando os custos. Assim, é difícil de planear de forma intencional, construir e gerir um parque industrial, sendo necessário considerar todos estes fatores (Marinho & Kiperstok, 2001; Tudor *et al.*, 2006).

## **2.3 Ferramentas Utilizadas na Ecologia Industrial**

A Ecologia Industrial aborda a necessidade de identificar oportunidades de melhoria dos produtos industriais, nomeadamente dos materiais utilizados e do ciclo de produção. É defendido que estas mudanças deverão permitir a compatibilidade com o ambiente e ainda trazer benefícios para as próprias indústrias. Embora se reconheça que metodologias preventivas tais como a Prevenção da Poluição (PP), o Eco-Design (DfE) e a Redução do Uso de Tóxicos (TUR) trazem grandes benefícios às indústrias quanto ao seu desempenho ambiental, estas poderão não ser suficientes para atingir o principal objetivo da Ecologia Industrial de garantir o equilíbrio entre o desenvolvimento industrial e o uso sustentável de recursos naturais (Berkel *et al.*, 1997; Boons *et al.*, 2011; Boix *et al.*, 2014).

As indústrias necessitam assim de atingir melhorias em áreas-chave como a conservação de recursos, redução de perigos e minimização de desperdícios. Para isso é necessário identificar os fatores que influenciam a empresa a interessar-se em promover ações de prevenção e a desenvolver ferramentas práticas que permitem a identificação, avaliação e implementação de opções de melhoria (Berkel *et al.*, 1997; Boons *et al.*, 2011; Boix *et al.*, 2014).

Abordando esses fatores, verifica-se a existência nas empresas de fatores internos e externos, sendo os primeiros mais importantes para cumprir as exigências de Ecologia Industrial a longo prazo. Os fatores internos referem-se ao compromisso por parte da gestão das empresas em considerar diariamente os impactes em todos os processos produtivos e restante atividade, podendo recorrer-se ao estabelecimento de políticas da empresa em matéria de responsabilidade ambiental. Sendo os trabalhadores os responsáveis por operar e tornar funcional a empresa, devem ser envolvidos nestas políticas. Para isso deverá promover-se a comunicação entre gestores, colaboradores e departamentos de produção com o objetivo de incorporar e manter as boas práticas ambientais dentro da empresa. Deverá existir sempre a consciência dos custos provenientes de aspetos ambientais e de que a ecologia industrial os reduz. Fomenta-se assim, o interesse das empresas em aplicar estas metodologias. É de referir ainda a influência dos programas de saúde e segurança no trabalho, que devem seguir também as premissas de melhoria ambiental (Berkel *et al.*, 1997; Samolada & Zabaniotou, 2013).

Já os fatores externos consideram, por exemplo a legislação ambiental relativa à utilização de materiais tóxicos. Este poderia ser um fator importante na correta implementação das metodologias de Ecologia industrial mas ainda se foca a jusante dos problemas ambientais, não servindo de incentivo para ações preventivas. A pressão do mercado é um fator importante, visto que a consciencialização pública para matérias de ambiente é atualmente elevada e, por isso, os produtos mais procurados são os mais eficientes e com impactes ambientais menores. Esta situação provoca alterações nos mercados e obriga as empresas a adaptarem-se a esta nova realidade, produzindo produtos mais ecológicos (Berkel *et al.*, 1997; Samolada & Zabaniotou, 2013).

A pressão do público em geral é também outro fator externo que poderá alterar a procura por determinados produtos e ainda causar má imagem pública. Finalmente, existe o fator regulamentar de responsabilidade sobre os produtos. Este regula a utilização de produtos pelos utilizadores, garantindo o acesso a informações como o conteúdo em materiais tóxicos e o uso de energia. A proteção dada pela legislação aos utilizadores obriga as empresas a utilizar processos mais limpos e diminuir a utilização de produtos nocivos mas deverá ser também, o suporte que cria condições para as simbioses e ajude a identificar oportunidades comerciais (Berkel *et al.*, 1997; Jiao & Boons, 2013).

As ferramentas de Ecologia Industrial permitem às empresas organizar, identificar, avaliar e implementar melhorias ambientais nos seus processos, produtos e cadeia de produção e ainda estimar os progressos na redução de impactes ambientais. Berkel *et al.* (1997) e Despeisse *et al.* (2012) dividem as ferramentas em quatro tipos: de inventário, de desenvolvimento de alternativas, de avaliação de alternativas e de gestão.

As ferramentas de inventário permitem a identificação, quantificação e alocação dos fluxos ambientais a efetuar nos processos produtivos, produtos ou ciclos de vida. Estes fluxos deverão ser considerados como entradas de materiais, entradas de energia, saídas de materiais não-produto e saídas de energia (como formação de resíduos e emissões). Uma ferramenta básica é o balanço de materiais, que permite uma avaliação quantitativa das entradas e saídas de materiais ao nível dos processos produtivos (Berkel *et al.*, 1997).

As ferramentas de desenvolvimento de alternativas de melhoria permitem a criação de opções de melhoria de produtos, processos de produção e ciclos de vida em diferentes fases da cadeia de valor, do fluxo de processos (ciclo de material) e/ou do ciclo de inovação. Existem alguns exemplos, como as listas de verificação que estabelecem opções de *redesign* de um produto ou opções para estabelecimento de ações de prevenção da poluição (Berkel *et al.*, 1997).

Já as ferramentas de avaliação de alternativas fornecem uma abordagem estruturada com critérios bem definidos para a avaliação e definição de prioridades entre intervenções ambientais e/ou opções de melhoria ambiental. Por exemplo, uma análise custo-benefício é uma ferramenta de avaliação que permite a seleção das opções de melhoria numa lógica de custo-eficácia (Berkel *et al.*, 1997).

A última categoria de ferramentas considerada por Berkel *et al.* (1997) são as ferramentas de gestão. Estas especificam procedimentos e/ou rotinas para o desenvolvimento de projetos de Ecologia Industrial, através da especificação e alocação de tarefas e assegurando a participação de elementos-chave que permitem o seu progresso e implementação. São constituídos por guias ou manuais escritos para a redução do uso de tóxicos ou minimização de resíduos dos processos produtivos.

Idealmente, um ciclo de melhoria ambiental considera pelo menos uma ferramenta de cada tipo descrito. No início do projeto o âmbito é largo, tanto em termos de fluxos ambientais que são potencialmente importantes para o desempenho de um produto ou processo como em termos de opções de melhoria com o objetivo de eliminar ou minimizar as causas dos impactes ambientais. No decurso do projeto, os fluxos ambientais são estudados através das ferramentas de inventário e as opções de aperfeiçoamento com as ferramentas de desenvolvimento de alternativas de melhoria. Para tomar decisões deverá recorrer-se a uma ferramenta de avaliação de alternativas e finalmente, o projeto só vai ser bem-sucedido se for implementado na continuidade, o que solicita uma ferramenta de gestão. Descrevem-se em seguida, de forma resumida, as ferramentas identificadas.

### 2.3.1 Ferramentas de Aplicabilidade Transversal

#### **Análise de Ciclo de Vida (ACV)**

A metodologia de Análise de Ciclo de Vida (ACV) constitui uma das principais ferramentas para a ecologia industrial. Esta é uma ferramenta robusta que incorpora todos os tipos de ferramentas enunciados anteriormente. É um método analítico bem estabelecido e que permite quantificar impactos ambientais, normalmente aplicados aos produtos, processos produtivos ou serviços das indústrias. No contexto da ecologia industrial, a ACV permite identificar e analisar potenciais de melhoria em termos de otimização de processos e ecodesign (Boesch *et al.*, 2009; Jacquemin *et al.*, 2012). É considerado todo o ciclo de vida do produto, desde a fase inicial de obtenção de matérias-primas, a fase do processo produtivo, a utilização do produto, o tratamento no fim-de-vida do produto, a reciclagem até à deposição final dos resíduos que gerou. É denominada de metodologia berço ao túmulo (Boesch, 2010; ISO, 2010; Jacquemin *et al.*, 2012).

Esta ferramenta foi referida inicialmente pelo *Institute of Environmental Sciences* (CML), pela *Netherlands Organisation for Applied Scientific Research* (TNO) e pelo *Bureau B&G* em 1992. Desde aí, a comunidade científica tem dado grande atenção a esta ferramenta e ao seu desenvolvimento. Nas últimas décadas houve diversos avanços nas metodologias utilizadas, o que culminou na necessidade de padronizar a sua definição e os seus processos metodológicos. Hoje é a *International Organization for Standardization* (ISO), responsável por desenvolver e publicar padrões internacionais através de sistemas de gestão, que estabelece os seus pressupostos (ISO, 2010).

A norma que fornece orientação atualmente para a ACV é a ISO 14044 de 2006 e revista em 2010, que substitui as versões anteriores que foram surgindo, como a ISO 14040 de 1997, a ISO 14041 de 1998, a ISO 14042 de 2000 e a ISO 14043, também do ano de 2000. Esta define como benefícios do uso da ACV a identificação de oportunidades de melhoria do desempenho ambiental dos produtos nas várias fases do seu ciclo de vida, a informação que decisores industriais podem obter sobre planeamento estratégico, otimização e ecodesign de produtos, a possibilidade de selecionar indicadores úteis de desempenho ambiental e traz também benefícios ao nível de marketing das empresas através de rotulagem ecológica ou declarações ambientais de produto (ISO, 2010; Jacquemin *et al.*, 2012).

Embora seja definida na norma anteriormente enunciada, a metodologia de ACV faz também parte da norma ISO 14062 que padroniza conceitos e métodos de integração dos aspetos ambientais no *design* e desenvolvimento de produtos. Esta ferramenta é considerada na análise ambiental dos produtos já existentes e na identificação de aspetos ambientais durante o ciclo de vida do produto, apoiando a decisão através da recolha de informação relevante (ISO, 2010; Jacquemin *et al.*, 2012).

Um estudo utilizando a metodologia ACV possui quatro fases distintas: a fase de definição do objetivo e do âmbito, a fase do inventário, a fase de avaliação de impacto e a fase de interpretação. Na primeira fase são definidos os limites do sistema em estudo, de modo a assegurar que nenhuma matéria relevante é desprezada. Esta fase é característica individual de cada estudo, consoante a profundidade e amplitude que o objetivo define. A fase seguinte é a do inventário do ciclo de vida, denominada fase de ICV, em que é definido o inventário dos dados de entrada e saída relativamente ao sistema considerado. É a fase de recolha de dados necessários para atingir os objetivos e consiste muitas vezes em balanços de energia e de massa. A terceira fase é a de Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida (AICV) e tem como intuito fornecer informação adicional para avaliar os dados recolhidos na fase anterior, no sentido de compreender a sua significância ambiental. É nesta fase que se agrega e ‘transforma’ a informação recolhida na fase de inventário em categorias de impacto ambiental, como alterações climáticas, depleção do ozono estratosférico, eutrofização, acidificação, entre outras. É descrita como a fase mais complexa do processo, observando os cientistas algumas inconsistências nos métodos aplicados pelos utilizadores desta ferramenta. A



última fase corresponde à interpretação, onde são agrupados e discutidos os resultados das fases anteriores. Nesta estabelecem-se as bases para as conclusões, recomendações e tomada de decisão (Tabela 2.2) (ISO, 2010; Jacquemin *et al.*, 2012).

### **Ecodesign**

Nas últimas décadas surgiu a ferramenta *Ecodesign*. Esta propõe integrar as preocupações ambientais nas fases de desenvolvimento e processo de fabrico dos produtos. O seu objetivo é minimizar os impactes ambientais durante o ciclo de vida do produto sem afetar o seu custo e desempenho. A aplicação do *Ecodesign* é essencial nas indústrias, promovendo a qualidade dos produtos, o cumprimento legal dos processos, a melhoria da imagem, redução de custos e riscos, a identificação de novas oportunidades de negócio e o desenvolvimento de novos mercados, procurando converter desafios em oportunidades de melhoria (ISO, 2011; Despeisse *et al.*, 2012; Pigosso *et al.*, 2013; UE, 2013). Plouffe *et al.* (2010) avalia os benefícios económicos da aplicação desta ferramenta e identifica como principais a redução de custos através do uso de materiais reciclados (mais baratos que os naturais) e poupança de energia e o aumento das receitas através do melhoramento do desempenho do produto, promovendo uma maior satisfação do utilizador e por isso aumentando o volume de vendas.

A seleção das melhores práticas dependem dos potenciais impactes ambientais (uso de matérias-primas, consumo de energia, produção de resíduos e emissões) do produto durante o seu ciclo de vida e por isso é necessário elaborar uma análise de ciclo de vida do produto, fazer o estudo dos impactes ambientais do produto, identificar medidas de *ecodesign* de modo a reduzir esses efeitos ambientais adversos e finalmente desenvolver processos de modo a adquirir competência. Todas estas fases necessitam de uma ferramenta a seguir, tendo sido elaborada a norma ISO 14006 para esse fim (Tabela 2.2) (ISO, 2011; Pigosso *et al.*, 2013).

**Tabela 2.2 - Síntese de ferramentas de aplicabilidade transversal**

Ferramenta	Orientação	Função	Objetivos	Vantagens	Limitações	Ref.
<b>ACV – Análise de Ciclo de Vida</b>	Produto e Processo	-Inventário				
		Desenvolvimento de alternativas de melhoria	Quantificar impactes ambientais	-Bem desenvolvida; -Robusta; -Métodos padronizados	- Análise Económica; -Abrange mais fatores do que os controlados pela organização em questão	ISO, 2010 Boesch <i>et al.</i> , 2009; Jacquemin <i>et al.</i> , 2012 Despeisse <i>et al.</i> , 2012
		Avaliação de alternativas				
		Gestão				
<b>Ecodesign</b>	Produto	Inventário	Minimizar os impactes ambientais durante o ciclo de vida do produto sem afetar o seu custo e desempenho	Promove a qualidade dos produtos, o cumprimento legal dos processos, a melhoria da imagem, redução de custos e riscos, identificação de oportunidades de negócio e desenvolvimento de novos mercados.	-Deverá ser apoiada numa análise de ciclo de vida o mais completa possível	ISO, 2011;
		Desenvolvimento de alternativas de melhoria				Despeisse <i>et al.</i> , 2012 Pigosso <i>et al.</i> , 2013;
		Avaliação de alternativas			-Abrange mais fatores do que os controlados pela organização em questão	UE, 2013
		Gestão				Plouffe <i>et al.</i> , 2010



### **2.3.2 Ferramentas de Inventário**

#### ***Análise de Fluxo de Materiais***

A Análise de Fluxo de Materiais (AFM) é a ferramenta que engloba todas as técnicas para a determinação de materiais de origem antropogénica e possui três vertentes. (Kytzia & Nathani, 2004; Sokka *et al.*, 2004). Esta considera os fluxos de uma ou de um grupo limitado de materiais, determinados numa determinada região geográfica. O objetivo é identificar quais as emissões mais importantes e as fontes de emissão para o material em estudo. Informações sobre fluxos e *stocks* de materiais são difíceis de encontrar e poucas bases de dados os contêm. Esta ferramenta permite que os decisores identifiquem a origem dos problemas de poluição e definam práticas de mitigação (Kytzia & Nathani, 2004; Sokka *et al.*, 2004; Brunner, 2012).

As vantagens mais importantes são as metodologias uniformes e os resultados reproduzíveis em estudos semelhantes. Esta ferramenta possibilita o conhecimento pormenorizado sobre situações de depleção e acumulação de substâncias nas fases iniciais dos processos. Permite ainda uma maior transparência nos resultados dos estudos e estabelece uma base importante para sistemas de avaliação (Sokka *et al.*, 2004; Brunner, 2012).

Assim, esta é a ferramenta que permite aos utilizadores da ecologia industrial investigar e quantificar os recursos antropogénicos. Esta análise permite ainda obter informação sobre os recursos naturais, que dão origem aos últimos. A AFM é também uma das bases para os sistemas de avaliação existentes como a ACV, entre outros (Tabela 2.3) (Sokka *et al.*, 2004; Brunner, 2012).

#### **Outras ferramentas de inventário**

Existem várias outras ferramentas de inventário que podem ser utilizadas, como por exemplo a Matriz MET, o Eco Balanço e o Fluxograma de Processo. A matriz MET, cujas siglas significam material, energia e emissões tóxicas, fornece informação qualitativa estruturada relativamente aos aspetos ambientais associados a cada fase do ciclo de vida dos produtos (produção, uso e destino final). Esta estabelece um modelo de entradas e saídas do ciclo de materiais, que considera a quantidade de recursos naturais utilizada, do uso de energia em cada fase do ciclo de vida e das emissões tóxicas para a água, ar e solo. Esta ferramenta é influenciada pela experiência da equipa que produz as análises e pela informação disponível, podendo por isso ser mais ou menos completa e fiável (Berkel *et al.*, 1997).

O Eco Balanço permite identificar os impactos ambientais dos processos produtivos incluindo os associados às empresas fornecedoras e consumidoras de produtos. Esta ferramenta permite uma análise comparativa dos seus impactos em relação à totalidade da sua cadeia de produção. Deve ser dividida em três tipos conforme o objetivo que se pretende, nomeadamente Eco Balanço para a empresa (balanço empresarial), Eco Balanço para processos industriais (balanço de processos) e Eco Balanço para produtos (balanço do produto e ACV de um produto) (Berkel *et al.*, 1997; Schianetz, K., 2003).

Finalmente, o Fluxograma de Processo permite diagnosticar possíveis fontes geradoras de resíduos ou consumo excessivo de materiais ou energia. Os processos produtivos são divididos conforme cada caso de estudo e os seus impactos são identificados individualmente, o que permite identificar oportunidades de melhoria (Tabela 2.3) (Berkel *et al.*, 1997).

**Tabela 2.3 - Síntese de ferramentas de Inventário**

Ferramenta	Orientação	Função	Objetivos	Vantagens	Limitações	Ref.
<b>Análise de Fluxo de Materiais</b>	Processo	Inventário	Identificar emissões e fontes de emissão mais relevantes de determinada substância	Metodologias uniformes  Resultados reprodutíveis em estudos semelhantes	Informações sobre fluxos e <i>stocks</i> são difíceis de encontrar	Sokka <i>et al.</i> , 2004 Brunner, 2012 Kytzia & Nathani, 2004
<b>Matriz MET</b>	Produto	Inventário	Fornecer informação qualitativa estruturada relativamente aos aspetos ambientais associados a cada fase do ciclo de vida dos produtos	Análise é realizada separadamente para cada fase do ciclo de vida,  Permite estabelecer um modelo de entradas e saídas do ciclo de materiais	Está muito dependente da experiência da equipa que a utiliza, por isso pode provocar oscilações na fiabilidade dos resultados	Berkel <i>et al.</i> , 1997
<b>Eco Balanço</b>	Processo	Inventário	Identificar os impactos ambientais dos processos produtivos incluindo os associados às empresas fornecedoras e consumidoras de produtos	Permite uma análise comparativa dos impactos em relação à totalidade da cadeia de produção  Ferramenta que permite demonstrar transparência	Frequentemente não é feita a diferenciação por tipo de Eco Balaço conforme o objetivo do estudo, o que pode levar a resultados menos rigorosos e não comparáveis com outros dados ou estudos	Berkel <i>et al.</i> , 1997  Schianetz, K., 2003
<b>Fluxograma de Processo</b>	Processo	Inventário	Diagnosticar possíveis fontes geradoras de resíduos ou consumo excessivo de materiais ou energia	É feita uma divisão dos processos produtivos; Impactes são analisados individualmente; Permite identificar oportunidades de melhoria por processo.	Por ser muito complexa, é utilizada normalmente de forma abreviada	Berkel <i>et al.</i> , 1997

### 2.3.3 Ferramentas de desenvolvimento de alternativas de melhoria

#### ***Avaliação de Tecnologias***

A Avaliação de Tecnologias é definida como sendo uma forma de análise que explora as consequências (para a sociedade, económicas, éticas, legais) da aplicação de tecnologias a curto e longo prazo. É constituída por métodos e técnicas que permitem avaliar novas ideias e inovações, identificar oportunidades de melhoria e ainda avaliar a contribuição dessa tecnologia para a organização em questão. O seu objetivo é fornecer aos decisores informações sobre alternativas de decisão (Banta, 2009).

Jaafar *et al.* (2006) estudaram a aplicação da Avaliação de Tecnologias para a indústria da construção e identificou vários benefícios. Uma correta aplicação deste conjunto de técnicas pode tornar os processos mais eficientes e através deste aspeto aumentar a produtividade e a sua competitividade. Para algumas empresas ficou demonstrado que o seu uso permitiu a expansão para novos mercados, nomeadamente os internacionais. Além destas vantagens, a utilização de forma generalizada permite troca eficiente de informação entre equipas de projetos, contribuindo para a minimização de erros e identificação e resolução de problemas que venham a surgir.

Já Erdmann *et al.* (2010) afirmam que a utilização desta ferramenta reduz volumes de transporte, energia e diminuir a exigência de materiais. Estes autores focam-se no potencial de redução de emissões que se pode retirar destes estudos de tecnologia. É assim uma ferramenta com potencial de utilização na indústria, com grandes benefícios a vários níveis e que deve ser desenvolvida com vista à sua difusão pelas organizações (Tabela 2.4).

#### **Análise de Cenários**

A Análise de Cenários é outra ferramenta que pode ser utilizada para melhoria de produtos e processos. Os cenários são projeções ou perspectivas de diagnóstico que apresentam sequências hipotéticas de determinada situação com elevada complexidade, que têm como objetivo analisar as causas e pontos de decisão, facilitando a tomada de decisão. Para a aplicação desta ferramenta são necessários cinco elementos, a descrição das alterações passo a passo, as forças impulsionadoras que influenciam o cenário, o ano-base, o horizonte temporal e finalmente o historial, que estabelece a relação entre a descrição do cenário, as suas características e as forças impulsionadoras (EEA, 2001; Silva, 2005).

Em estudos ambientais, os cenários são projeções de futuros alternativos e podem simular por exemplo, o aumento do nível do mar, das temperaturas atmosféricas ou englobar estas informações e produzir cenários mais complexos como o das alterações climáticas, tendo em conta outros fatores como a evolução populacional, o crescimento económico, o desenvolvimento tecnológico ou as políticas de ambiente. Nestes estudos, a ferramenta permite avaliar quais os pontos que podem ser afetados por estas alterações, quais as oportunidades e ameaças que o ambiente apresenta e que mudanças podem ocorrer no sistema em estudo (EEA, 2001; Silva, 2005).

Esta ferramenta é também utilizada na indústria. García-Gusano *et al.* (2015) utiliza a análise de cenários para definir as melhores tecnologias a aplicar ao caso em estudo, uma cimenteira em Espanha. Neste trabalho é feita uma análise económica à possibilidade de implementação de várias tecnologias de forma a fazer comparações e decidir quais as que trazem maiores benefícios com menores custos. É também utilizada com o objetivo de quantificar as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que seriam lançadas para a atmosfera em cada cenário considerado (Tabela 2.4).

### **Outras ferramentas de desenvolvimento de alternativas de melhoria**

Além das apresentadas existem outras ferramentas de melhoria. As abordagens de melhoria do produto permitem a identificação e implementação de opções de melhoria ambiental de produtos. Utilizam como base uma ACV ou uma Matriz MET para analisar alternativas de modo a aumentar o tempo de vida dos produtos e o uso eficaz de materiais, identificar formas de fechar os ciclos de materiais, utilizar energia eficientemente e tornar a produção mais limpa. Os resultados desta ferramenta são obtidos após sessões de *brainstorming* com as partes interessadas, abrangendo várias áreas científicas. Outro método é a matriz de melhoria do produto que analisa o encargo ambiental excedente após a melhoria do produto ou processo. A matriz é constituída pela combinação das várias fases do ciclo de vida do produto com temáticas ambientais como o uso de energia ou o impacto dos materiais utilizados. Permite a identificação de oportunidades de melhoria, de forma continuada (Berkel *et al.*, 1997).

Já a estratégia de prevenção da poluição procura reduzir a quantidade de resíduos dos processos e substituir materiais tóxicos a montante do processo. Consiste na organização hierárquica em fases do processo de melhoria. Em primeiro lugar é necessário analisar a necessidade de tornar o processo mais limpo; de seguida deverão estabelecer-se as opções para utilização de materiais com menor impacto associado; depois deverão ser identificadas as opções para otimizar os processos mais ambientalmente favoráveis; e finalmente deverão ser identificadas as oportunidades de reciclagem, quer dentro da própria indústria, quer com a associação a outra (Tabela 2.4) (Berkel *et al.*, 1997).

**Tabela 2.4 - Síntese de ferramentas de desenvolvimento de alternativas de melhoria**

Ferramenta	Orientação	Função	Objetivos	Vantagens	Limitações	Ref.
<b>Avaliação de Tecnologias</b>	Produto e Processo	Desenvolvimento de alternativas de melhoria	Pesquisa de políticas que analisam as consequências (para a sociedade, económicas, éticas, legais) da aplicação de tecnologia a curto e longo prazo	Avaliação de novas ideias e inovações; Identificação de oportunidades de melhoria; Avaliação da contribuição de tecnologias para as organizações; Grande potencial na aplicação à Indústria.	A sua eficácia está dependente da pesquisa e avaliação do utilizador	Banta, 2009; Jaafar <i>et al.</i> , 2006; Erdmann <i>et al.</i> , 2010
<b>Análise de Cenários</b>	Produto e Processo	Desenvolvimento de alternativas de melhoria	Analisar causas e pontos de decisão através de projeções	Facilita a tomada de decisão; Ajuda a identificar oportunidades e ameaças	Resultados hipotéticos e controlados pelo decisor que estabelece as suas variáveis e define âmbitos	Silva, 2005; García-Gusano <i>et al.</i> , 2015
<b>Abordagens de Melhoria do Produto</b>	Produto e Processos	Desenvolvimento de alternativas de melhoria	Identificar e implementar opções de melhoria ambiental de produtos	Utilizam ACV e Matriz MET para análise de alternativas, duas ferramentas bem desenvolvidas  Permite participação das partes interessadas através de sessões de <i>brainstorming</i>	Está dependente da participação das partes interessadas e do seu conhecimento e abertura a inovações	Berkel <i>et al.</i> , 1997
<b>Matriz de Melhoria do Produto</b>	Produto e Processo	Desenvolvimento de alternativas de melhoria	Analisar o encargo ambiental excedente após a melhoria do produto ou processo	Através da análise das várias fases do ciclo de vida dos produtos, permite identificar oportunidades de melhoria de forma continuada	Os materiais de entrada e saída não são atribuídos a nenhum aspeto ambiental particular	Berkel <i>et al.</i> , 1997
<b>Estratégia de Prevenção da Poluição</b>	Processo	Desenvolvimento de alternativas de melhoria	Reduzir a quantidade de resíduos dos processos e substituir materiais tóxicos a montante do processo	Permite a organização hierárquica das fases do processo de melhoria	Estabelece diretrizes e por isso está dependente da formação do decisor	Berkel <i>et al.</i> , 1997

### 2.3.4 Ferramentas de avaliação de alternativas

#### **Análise Custo-Benefício**

Para todos os projetos é necessário estabelecer orçamentos e planificar gastos, principalmente na atual conjuntura económica. Visto ser um fator essencial para qualquer empresa, a utilização de ferramentas económicas é muito benéfica. Uma dessas ferramentas é a Análise Custo-Benefício (ACB), que utiliza métodos para avaliar o impacto económico de um determinado projeto (Costa, 2009).

O seu objetivo é analisar a viabilidade de projetos através da análise de custos e benefícios, descontados ao longo do tempo. Este método consiste em prever os efeitos económicos de um projeto, quantificá-los, transformá-los em unidade monetárias nos casos em que tal seja possível e calcular a sua rentabilidade económica através de um indicador estabelecido para o caso em estudo de modo a conseguir avaliar o desempenho de um projeto. A Análise Custo-Benefício tem uma grande vantagem em relação a outras técnicas de avaliação e desempenho económico que é considerar os efeitos externos e distorções nos preços, ou seja, as imperfeições do mercado. Assim, é muito utilizada em projetos de grande envergadura, nomeadamente no setor de transportes e ambiente (Costa, 2009).

Em termos estruturais, uma análise deste tipo é constituída por uma parte de engenharia técnica, uma análise financeira e uma análise económica. Primeiro estabelece-se o contexto e características estruturais do projeto e depois surge então, o núcleo da Análise Custo-Benefício em que a partir da análise financeira se identificam as receitas, despesas e os preços de mercado, com os resultados a ser apresentados na ótica do operador público. Este tipo de ferramenta deve ainda conter um outro tipo de análise, a análise de risco. Esta identifica as variáveis críticas, pode conter uma análise de cenários e elasticidade que permitirá a correta identificação dos níveis de risco e apoiará estratégias de mitigação destes. Em suma, a análise deve demonstrar que o projeto é desejável do ponto de vista socioeconómico (UE, 2008; Costa, 2009).

Para além de uma vertente financeira, em que são considerados os valores de receitas e despesas do projeto, numa ACB pode ir-se mais longe e utilizar metodologias para quantificar os valores económicos dos aspetos ambientais associados. Os serviços dos ecossistemas (matérias-primas, energia, alimento, lazer, processos biológicos, entre outros) não são considerados nos mercados e por isso não contribuem normalmente para as decisões políticas, o que compromete a premissa de sustentabilidade nas ações antropogénicas (Costanza *et al.*, 1997; IUCN, 1998).

Esta é uma área que tem conhecido desenvolvimentos ao longo dos últimos anos mas continua a conhecer dificuldades de operação e estabelecimento de metodologias eficazes e precisas. Identificar o valor monetários de, por exemplo, bens e serviços como o recreio e turismo, vegetação e vida selvagem, fornecimento de água ou proteção contra desastres naturais não é uma tarefa linear. O conceito de valor económico dos recursos ambientais baseia-se na motivação dos indivíduos em pagar pelo seu uso (*'willingness-to-pay'*), o que pode ser trazer uma elevada dose de subjetividade ao estudo. Aqui, os valores são influenciados pelas características da população, nomeadamente o seu rendimento, cultura, comportamento ou conhecimento. Embora possua as suas limitações, esta ferramenta é muito importante na ajuda para a conservação de áreas protegidas e ambientalmente sensíveis, promovendo o uso sustentável da biodiversidade. Assim, a obtenção de valores monetários de custos e benefícios ambientais permitem apoiar, juntamente com outras ferramentas, uma tomada de decisão com maior integração de dados e variáveis (Tabela 2.5) (Costanza *et al.*, 1997; IUCN, 1998; Santos *et al.*, 2001).

## **Análise Multicritério**

As decisões em matéria de ambiente são complexas e requerem um conhecimento multidisciplinar. Tendo em conta esta complexidade dos elementos a ser utilizados na tomada de decisão, poderá ser utilizada a Análise Multicritério. Esta é uma ferramenta de tomada de decisão que inclui aspetos qualitativos ou quantitativos das questões e problemas encontrados neste processo. Essa tomada de decisão baseia-se em escolhas múltiplas que deverão ser comparadas, sendo que o tratamento dado a cada uma das alternativas e critérios utilizados condiciona a decisão final (Mendoza *et al.*, 1999; Costa, 2009; Huang *et al.*, 2011).

Estas técnicas são utilizadas para otimizar a seleção das melhores políticas e medidas de remediação de contaminação de solos, água e de gestão de outros recursos. Os critérios devem ser definidos de uma forma geral (por exemplo, qualidade do ar) mas devem ser associados com atributos mensuráveis, permitindo estabelecer uma escala quantitativa ou qualitativa que permita avaliar o desempenho das alternativas de acordo com os critérios utilizados (Durbach, 2012). Esta retrata o raciocínio e as convicções das diferentes partes interessadas sobre cada alternativa, podendo ter utilidade na resolução de situações de conflito, formular recomendações ou facilitar orientações do foro operacional (Costa, 2009). Esta ferramenta permite ainda, a participação de especialistas, grupos de interesse e partes interessadas em geral, o que aumenta a sua transparência e a efetividade (Mendoza *et al.*, 1999).

A maior parte das metodologias de análise decisória tem em comum a organização dos dados numa matriz de decisão mas diferem nas fases de sintetização de informação e formulação de tabelas de alternativas. Alguns exemplos de ferramentas de suporte de decisão são: PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité), AHP (Analytical Hierarchy Process), MAUT (Multiattribute Utility Theory), SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique). Os métodos de análise multicritério utilizam matrizes de critérios e resultados de desempenho para apoiar uma abordagem analítica sistemática de modo a integrar os níveis de risco, incerteza e de avaliação que permite a classificação de diferentes alternativas (Tabela 2.5) (Khalili & Duecker, 2012).

## **Outras Ferramentas de avaliação de alternativas**

O *Benchmarking* constitui uma ferramenta para identificação e hierarquização de oportunidades de melhoria numa empresa, através da comparação com valores de referência. Estes valores podem representar temáticas como a energia, consumo de água, produção de resíduos, emissão de gases e uso de matérias-primas naturais. Estes são comparados com os valores de outras organizações do mesmo setor, permitindo estabelecer um ranking conforme o desempenho das empresas. Esta ferramenta permite aos decisores das organizações, verificar a necessidade de implementar medidas de melhoria dos seus processos produtivos (Berkel *et al.*, 1997).

A Eco Oportunidade é uma ferramenta utilizada para priorizar as intervenções ambientais de uma organização através de uma análise multicritério de elementos económicos, ambientais, políticos e sociais, estabelecendo potenciais de melhoria. A aplicação desta ferramenta implica um inventário detalhado sobre os temas ambientais, podendo ser utilizadas as ferramentas de inventário atrás enunciadas (Berkel *et al.*, 1997) (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 - Síntese de ferramentas de avaliação de alternativas

Ferramenta	Orientação	Função	Objetivos	Vantagens	Limitações	Ref.
<b>Análise Custo-Benefício</b>	Produto e Processo	Avaliação de alternativas	Avaliar o impacto económico de um projeto	Permite fazer uma previsão económica de projetos;	É difícil quantificar aspetos ambientais em unidades monetárias;	UE, 2008;
			Analisar a viabilidade de projetos através da soma algébrica de custos e benefícios, descontados ao longo do tempo	Calcular rentabilidade; Considera as imperfeições do mercado;	Apenas considera a dimensão económica, por isso deve ser utilizada como ferramenta complementar	Costa, 2009 Costanza <i>et al.</i> , 1997; IUCN, 1998; Santos <i>et al.</i> , 2001
<b>Análise Multicritério</b>	Produto e Processo	Avaliação de alternativas	Estruturar e combinar diferentes análises de modo a compará-las e apoiar um processo de tomada de decisão	Permite otimizar e fundamentar a seleção das melhores políticas e medidas ambientais	Elevada complexidade;	Mendoza <i>et al.</i> , 1999
				Tem utilidade na resolução de situações de conflito, formulação de recomendações ou facilitação de orientações do foro operacional	Critérios são estabelecidos pelo decisor; Critérios devem ser associados com atributos mensuráveis para uma correta aplicação	Costa, 2009; Huang <i>et al.</i> , 2011 Khalili & Duecker, 2012
<b>Benchmarking</b>	Produto e Processo	Avaliação de alternativas	Identificar e hierarquizar oportunidades de melhoria através da comparação com valores de referência	Permite aos decisores verificar a necessidade de implementar medidas de melhoria e quais as mais benéficas	Pode ser utilizada incorretamente e de forma oportunista pelas organizações de modo a amplificar os seus resultados	Berkel <i>et al.</i> , 1997
<b>Eco Oportunidade</b>	Produto e Processo	Avaliação de alternativas	Priorizar as intervenções ambientais de uma organização, estabelecendo potenciais de melhoria	É apoiada por uma análise multicritério de elementos económicos, ambientais, políticos e sociais	É necessário inventário detalhado sobre os temas ambientais, implicando a utilização conjunta com ferramentas de inventário	Berkel <i>et al.</i> , 1997



### **2.3.5 Ferramentas de Gestão**

#### ***Sistema comunitário de ecogestão e auditoria (EMAS)***

O Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria (EMAS) é um mecanismo voluntário, estabelecido na União Europeia, que tem como objetivo a melhoria contínua do desempenho ambiental das organizações através da implementação de sistemas de gestão ambiental e disponibilização de informação relevante sobre comportamento ambiental a todas as partes interessadas. De forma a promover a melhoria contínua do desempenho ambiental, as empresas deverão definir e aplicar políticas, programas e sistemas de gestão do ambiente e fazer uma avaliação objetiva com periodicidade definida dos resultados dessas ações. As organizações deverão depois elaborar um relatório rigoroso que deverá ser verificado por peritos independentes que aprovarão os dados de desempenho ambiental ou desenvolvimento sustentável (UE, 2016; APA, 2015).

O EMAS promove a poupança de custos das empresas, a melhoria da sua imagem pública e é ainda um meio de identificação e gestão de impactes ambientais. Uma das grandes vantagens desta ferramenta é permitir a comparação de resultados entre organizações através da utilização de indicadores de desempenho genéricos e setoriais específicos considerando os principais aspetos ambientais ao nível de processos e produtos. A evolução das empresas é também avaliada com base em comparações com os resultados de anos anteriores, sendo esta uma forma simples de identificar oportunidades de melhoria (Tabela 2.6) (UE, 2016).

#### ***Norma ISO 14001***

A norma ISO 14001 estabelece requisitos gerais e metodologias para a implementação de um sistema de gestão ambiental que qualquer organização, de qualquer dimensão ou área de atividade, poderá utilizar para avaliar e melhorar o seu desempenho ambiental. Permite ainda contribuir para o conhecimento dos gestores e colaboradores sobre a temática ambiental, agrupando as melhores práticas, aumentando a transparência das empresas e promovendo o seu desenvolvimento sustentável. Os benefícios da sua implementação vão desde os ambientais, com a prevenção ou mitigação de potenciais impactes nocivos aos económicos com a influência sobre os processos de fabrico, de distribuição e transporte. Esta ferramenta permite ainda a comparação de desempenho entre empresas, o que aumenta a competitividade e influencia o seu posicionamento no mercado (ISO, 2016).

Esta ferramenta é baseada num modelo de implementação Planear-Implementar-Verificar-Rever (ciclo de Deming) e é caracterizada pelas metodologias simples e lógicas. Na fase de Planear, as organizações devem identificar os seus aspetos e impactes ambientais, identificar requisitos legais e outros, que possam constituir limitações ou oportunidades e avaliar a significância dos seus impactes, estabelecendo a seleção dos aspetos mais importantes que deverão ser considerados em todo o processo do desenvolvimento do sistema de gestão ambiental (SGS, 2011).

De seguida, na fase de Implementar, deverão ser postos em prática os programas de melhoria associados a objetivos, metas e programas de gestão, bem como procedimentos de controlo operacional. Na fase Verificar deverá ser efetuada a monitorização e medição, que deverá garantir a correta aplicação dos programas e procedimentos. Estes são depois intersectados com os aspetos legais e deverá ser confirmada a conformidade com a norma. Normalmente, esta avaliação de conformidade é efetuada através de auditoria interna, que deverá assegurar o correto funcionamento de todos os elementos, fornecer os resultados e conclusões encontradas e assegurar a sua pertinência e atualidade. A última fase será a de revisão pela direção que deverá confirmar todos os aspetos inerentes a este sistema (Tabela 2.6) (SGS, 2011).

## **Outras Ferramentas de Gestão**

Os guias de produção mais limpa visam implementar melhorias ambientais, estabelecendo os princípios e atividades da ecologia industrial numa organização. O objetivo desta ferramenta é identificar as fontes de produção de resíduos com vista ao desenvolvimento de soluções que mitiguem ou eliminem essas fontes. É muito útil para as indústrias que procurem melhorar os seus processos, pois estabelece diretrizes comuns de implementação e organização de métodos (Berkel *et al.*, 1997).

Outra ferramenta de gestão é a Auditoria de Processo que representa um procedimento sistemático que visa o desenvolvimento de um conjunto alargado de opções de melhoria ambiental. É dividida em quatro fases diferentes: a primeira fase de planeamento e organização, onde se define o âmbito e os objetivos do projeto; a segunda fase de avaliação, onde é feito o estudo detalhado dos processos produtivos de modo a identificar alternativas de melhoria; a terceira fase é de análise de viabilidade, onde se avaliam as questões técnicas, económicas, ambientais e organizacionais; e finalmente a quarta fase, que corresponde à fase de implementação onde é efetuado um plano de melhoria de acordo com as opções mais viáveis (Tabela 2.6) (Berkel *et al.*, 1997)

**Tabela 2.6 - Síntese de ferramentas de gestão**

Ferramenta	Orientação	Função	Objetivos	Vantagens	Limitações	Ref.
<b>EMAS</b>	Processo	Gestão	Melhoria contínua do desempenho ambiental das organizações através da implementação de sistemas de gestão ambiental e disponibilização de informação relevante sobre comportamento ambiental a todas as partes interessadas.	<p>Mecanismo estabelecido na UE com diretrizes comuns a todas as organizações</p> <p>Permite comparação de resultados</p> <p>Promove eficiência de processos, poupança e melhoria da imagem</p> <p>Permite observar a evolução de resultados ao longo dos anos</p>	<p>É pouco utilizado pelas organizações;</p> <p>Não é dada a devida importância às empresas que o utilizam</p> <p>Pouco conhecido pela generalidade da população</p>	<p>APA, 2015;</p> <p>CE, 2009</p>
<b>ISO 14001</b>	Processo	Gestão	Estabelece requisitos gerais e metodologias para a implementação de um sistema de gestão ambiental que qualquer organização poderá utilizar para avaliar e melhorar o seu desempenho ambiental	<p>Utilização generalizada</p> <p>Agrupar as melhores práticas disponíveis</p> <p>Potencia a transparência das empresas</p> <p>Influência positiva sobre os processos de fabrico, de distribuição e transporte</p>	<p>Processo de certificação envolve investimentos significativos</p> <p>Não permite a comparação direta de desempenho entre empresas que não estabeleçam indicadores específicos por sector e os divulguem ao público</p>	<p>ISO, 2016;</p> <p>SGS, 2011</p>
<b>Guia de Produção Mais Limpa</b>	Processo	Gestão	Identificar as fontes de produção de resíduos com vista ao desenvolvimento de soluções que mitiguem ou eliminem essas fontes	Estabelece diretrizes comuns de implementação e organização de métodos	<p>Apenas considera aspetos ambientais relativos à produção de resíduos;</p> <p>Não é exaustivo</p>	Berkel <i>et al.</i> , 1997
<b>Auditoria de Processo</b>	Processo	Gestão	Desenvolvimento de um conjunto alargado de opções de melhoria ambiental	Estabelece diferentes fases que devem ser seguidas, ajudando na organização da Auditoria	Ferramenta conceptual e apenas organizacional	Berkel <i>et al.</i> , 1997



### 3 Caracterização Geral da Atividade de Produção de Cimento

#### 3.1 Processo de Fabrico do Cimento

O cimento é considerado um dos materiais de construção mais importantes do mundo. É normalmente utilizado na formação de agregados como o betão, um material flexível, duradouro acessível e cada vez mais eficiente energeticamente. As suas aplicações vão desde a construção de edifícios de habitação às mais diversas infraestruturas de importância vital para a sociedade (Hendriks *et al.*, 2002; Secil, 2014c). Os cimentos estão organizados em cinco tipos principais, estando definidos 27 tipos de cimento distintos e seis classes de resistência. Atualmente são produzidos em Portugal três tipos de cimento principais, nomeadamente o CEM I (Cimento Portland), o CEM II (Cimento Portland de Calcário) e o CEM IV (Cimento Pozolânico). As suas diferenças ao nível dos constituintes estão relacionadas com os teores em clínquer, calcário, cinza volante silicosa e de constituintes adicionais minoritários, que originam materiais com diferentes resistências e capacidade de expansibilidade (Varela & Vieira, 2005).

O processo de fabrico do cimento inicia-se com a extração das matérias-primas principais, nomeadamente os calcários, margas e argilas a partir de uma pedreira. O desmonte destes materiais é frequentemente efetuado a partir da aplicação de explosivos de forma controlada. Após a extração é necessário reduzir a granulometria dos materiais, ação que é realizada num britador. De seguida, o material é transportado para a fábrica onde é armazenado e homogeneizado. Nesta fase, são aplicadas as correções às características dos materiais com a adição de materiais de correção como a areia e os óxidos de ferro, conforme a qualidade do produto, o clínquer, a obter. Esta operação é efetuada nos moinhos de cru onde se produz a mistura moída com as características ideais chamada de cru. Esta mistura é aquecida de modo a eliminar toda a humidade que possua e entra depois no forno. As temperaturas de cerca de 2000 °C aquecem o produto até cerca de 1500 °C, desencadeando as reações químicas do processo de clínquerização, obtendo-se o clínquer. A partir dos 1450 °C inicia-se o arrefecimento do produto através de jatos de ar. O clínquer é depois moído através de moinhos que no seu interior possuem corpos moentes, juntamente com o gesso e aditivos inertes em quantidades conformes com as características que se pretende atingir (Figura 3.1) (van Oss & Padovani, 2003; Lafarge, 2008; Lamas *et al.*, 2012; Feiz, 2014; Secil, 2014a).

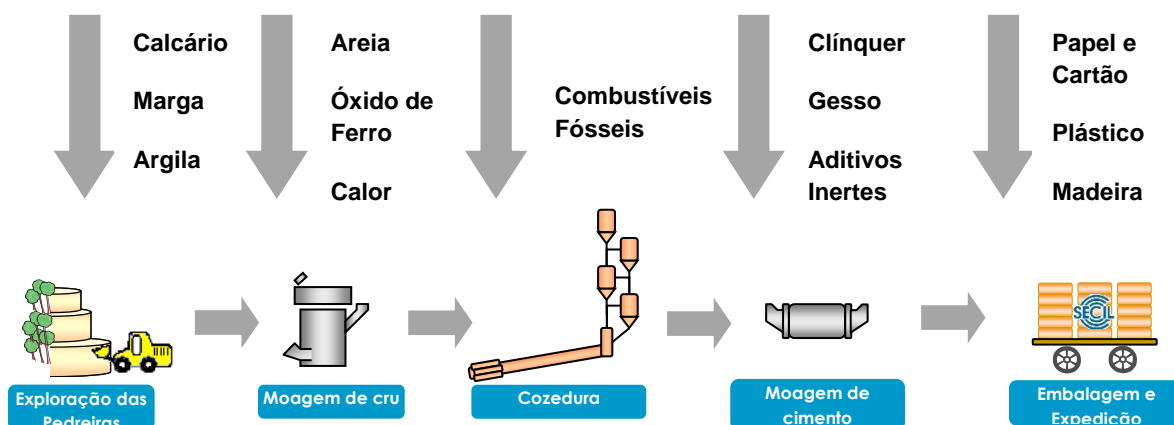
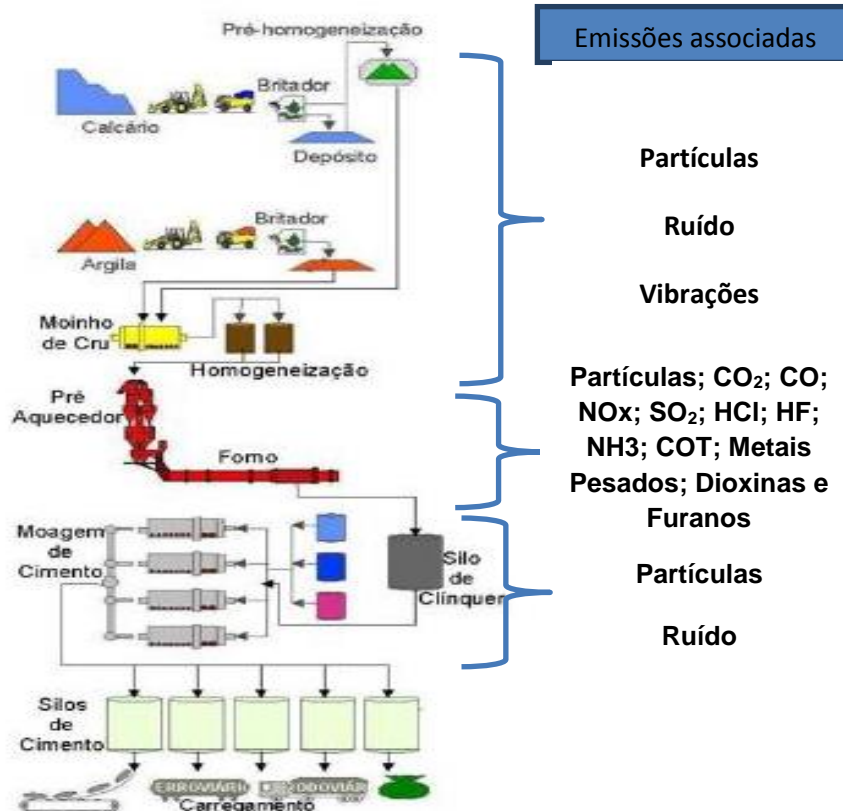


Figura 3.1 – Inputs típicos do processo de fabrico do cimento

Após esta fase, a mistura é já denominada de cimento e é armazenada em silos para posterior expedição que pode ser feita a granel, em cisternas ferroviárias, rodoviárias ou em navios, em sacos ou pacotes plastificados (van Oss & Padovani, 2003; Lafarge, 2008; Lamas *et al.*, 2012; Feiz, 2014; Secil, 2014a). Na figura 3.1 está representado o processo de fabrico desde a extração de matérias-primas até ao transporte do produto final.



**Figura 3.2 - Processo de fabrico do cimento (Fonte: Clube do Concreto, 2016)**

Este processo é considerado muito exigente ambientalmente devido à elevada intensidade energética que necessita para atingir temperaturas tão elevadas, à utilização de matérias-primas naturais e consequente destruição do meio natural, à elevada utilização de combustíveis que tradicionalmente são fósseis (como o carvão, fuelóleo e coque de petróleo) e à elevada emissão de gases. A produção de uma tonelada de clínquer implica gastos energéticos entre 3000 J e 6000 J e aproximadamente 1,6-1,7 toneladas de matérias-primas (Lafarge, 2008; Boesch *et al.*, 2009; Lamas *et al.*, 2012).

Grande parte destes gases é formada no forno durante o processo de cozedura. O principal gás produzido pelo processo é o CO<sub>2</sub> que é gerado através das reações químicas dos materiais e da queima de combustíveis no processo de aquecimento do forno (Feiz, 2014). Além deste gás, nos processos de fabrico do cimento são também produzidas partículas, monóxido de carbono (CO), óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), ácido clorídrico (HCl), fluoreto de hidrogénio (HF), Amoníaco (NH<sub>3</sub>) e compostos orgânicos (COT). Há também possibilidade de serem criados metais pesados como o mercúrio (Hg), crómio (Cr), cádmio (Cd) e ainda dioxinas e furanos (Secil, 2014a).

### 3.2 Casos de Estudo na Indústria do Cimento

Um dos exemplos mais conhecidos da aplicação de um ecossistema industrial aconteceu em Kalundborg, na Dinamarca. Esta cooperação envolve uma central térmica, uma refinaria de petróleo, uma fábrica de biotecnologia, uma fábrica de gesso, um produtor de ácido sulfúrico, produtores de cimento, agricultores, horticultores e aquicultores locais e o município de Kalundborg. Neste caso, os fluxos de energia aconteciam pelas empresas participantes. A central térmica vendia vapor ao município para aquecimento central e à refinaria. O calor residual e por isso desaproveitado pelos processos da fábrica é utilizado nas aquaculturas. A refinaria cedia o gás em excesso à fábrica de gesso e ainda fornecia gás suplementar à central térmica. Em termos de fluxos de materiais, as cinzas volantes da central térmica são utilizadas na produção do cimento e asfalto, que ainda produz

gesso no seu processo que é cedido à fábrica de gesso. Estes processos produtivos da central térmica produzem ainda enxofre puro que é fornecido à indústria de ácido sulfúrico. As aquaculturas produzem lamas que depois de tratadas nas ETA's são utilizadas como fertilizante natural nas unidades agrícolas da zona. Finalmente, o excesso de fermento resultante da produção de insulina da fábrica de biotecnologia é fornecido aos agricultores como alimento para o gado. Esta aplicação de conceitos de ecologia industrial permitiu reduzir os consumos de energia, carvão, petróleo e água, emissão de dióxido de carbono e enxofre. Vários materiais foram incorporados no processo produtivo e por isso reduziram-se custos de aquisição, transformação, tratamento e eliminação. Neste caso, esses materiais foram as cinzas volantes, o enxofre, as lamas biológicas e o gesso. Além destes benefícios, é de realçar também a visibilidade ganha por estas empresas com a aplicação destas metodologias (Tibbs, 1993).

Outro exemplo é o de Kawasaki, no Japão. Esta cidade possui a maior área industrial de todo o país, e foi afetada pela crise do início dos anos 90. Para revitalizar esta área, o governo Japonês pôs em prática o projeto com vista ao estabelecimento de uma eco cidade industrial. Foram construídas novas fábricas de reciclagem, duas de plásticos (que fornece combustível para a indústria de aço) e outra de papel. Entretanto foram-se instalando novas fábricas de reciclagem e de outras áreas industriais. Hoje em dia são mais de 70 as fábricas que operam nesta eco cidade, em áreas como o fabrico de aço, químicos, cimento, metais não ferrosos e papel (Hashimoto *et al.*, 2009).

De entre as indústrias que operam no local, a cimenteira D.C. Cement Company é das que mais contribui para o bom funcionamento do sistema. As escórias dos fornos da indústria de fabrico de aço, as lamas de produção de papel de uma fábrica de reciclagem e cinzas das indústrias que fazem incineração são utilizadas como matérias-primas alternativas em substituição de matérias-primas naturais. Resíduos plásticos são utilizados como combustível e as águas tratadas pelas ETAR's locais são utilizadas para arrefecimento e processo de fabrico do cimento. Destes, as lamas, escórias e cinzas podem ser utilizadas como substitutos da areia e argila, podendo ainda ser utilizadas areias excedentes de obras locais para o mesmo propósito. Os plásticos, juntamente com restos de pneus são utilizados como combustíveis alternativos ao carvão. Através destas substituições é garantido que não é utilizada qualquer areia e argila retirada diretamente do meio natural, garantindo a manutenção e poupança de recursos. Dados de 2006 demonstram que a empresa cimenteira utilizou no total 390 000 t de resíduos, em que 250 000 t foram substitutos de areia e argila e 7 000 t combustíveis alternativos ao carvão (Hashimoto *et al.*, 2009).

Na China há também um exemplo de simbiose industrial operado pelo Grupo Guitang, responsável por uma das maiores refinarias de açúcar do país. O local onde a fábrica se localiza começou a ser desenvolvido pelo próprio grupo que criou, voluntariamente, um complexo industrial em conjunto com outras indústrias que utiliza os resíduos orgânicos excedentes do tratamento e utilização da cana-de-açúcar como matéria-prima. O Governo chinês teve após a instalação do complexo, um papel importante pois serviu de intermediário entre o Grupo, outras indústrias e os agricultores de cana-de-açúcar. Hoje em dia o bagaço de cana-de-açúcar, que seria desperdiçado, é utilizado pelas três fábricas de papel que se aí instalaram (Zhu *et al.*, 2007).

Com o aumento e diversificação dos resíduos que foram sendo produzidos, surgiu a necessidade de estabelecer uma parceria com uma indústria cimenteira que tratasse da eliminação e valorização desses. Um desses exemplos são as lamas resultantes dos filtros dos processos de carbonatação, que são enviados para a cimenteira com todos os custos de transporte a serem assegurados pelo Grupo Guitang. No processamento do bagaço para utilização na indústria do papel é ainda criada lama branca que pode ser valorizada nos fornos da fábrica de cimento. Há também o funcionamento de caldeiras que originam energia a ser utilizadas nas fábricas e as cinzas resultantes do processo de incineração são incorporadas depois no processo de fabrico do cimento (Zhu *et al.*, 2007).

No Brasil há o exemplo do Parque Industrial de Cajati em que uma indústria química de produção de fosfato coopera com uma fábrica de cimento. A última foi estrategicamente instalada nas imediações

da indústria química de modo a estabelecer pontes de ligação. Foi planeada antecipadamente a mudança do processo na indústria química de modo a permitir que os resíduos produzidos pudessem ser incorporados no processo de fabrico de cimento, levando a uma situação de *win-win*. A indústria química produz agora resíduos dolomíticos com um teor de Óxido de Magnésio (MgO) adequado à utilização como matéria-prima no processo de formação do cimento, permitindo a poupança de recursos naturais e financeiros às duas indústrias (WBCSD, 2002). Todos estes casos encontram-se resumidos na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1 - Casos de estudo de cimenteiras em ecossistemas industriais**

	Local	Organizações envolvidas	Quem desencadeou o processo?	Resultados	Pontes de Ligação	Ferramentas utilizadas
<b>Caso 1</b>	Kalundborg, Dinamarca	-Central Térmica; -Refinaria de Petróleo; -Fábrica de Biotecnologia; -Fábrica de Gesso; -Produtor ácido sulfúrico; -Cimenteiras; -Agricultores; -Aquicultores; -Município de Kalundborg.	Organizações envolvidas na simbiose industrial	-Melhoria da imagem; -Redução dos consumos de energia, carvão, petróleo e água, emissão de dióxido de carbono e enxofre; -Redução de custos de aquisição, transformação, tratamento e eliminação.	-Vapor; -Calor; -Gás natural; -Cinzas volantes; -Gesso; -Enxofre; -Lamas tratadas; -Fermento.	Análise de Fluxo de Materiais Avaliação de Tecnologias Estratégia de Prevenção da Poluição Guia de Produção Mais Limpa
<b>Caso 2</b>	Kawasaki, Japão	-Fábricas de Reciclagem; -Cimenteira; -Fábrica de produção de Aço; -Indústria Química; -Indústria de papel; -Indústria de metais não ferrosos.	Governo	-Manutenção e poupança de recursos naturais como a areia e argila; - Menor utilização de combustíveis fósseis; -Redução de custos; -Melhoria da Imagem.	-Escórias de forno; -Lamas; -Cinzas; -Resíduos Plásticos; -Água tratada nas ETAR's	ACV Análise de Fluxo de Materiais Análise de Cenários Fluxograma de Processo
<b>Caso 3</b>	Guigang, China	-Cimenteira; -Indústria de papel; -Refinaria de açúcar	Grupo Guitang e Governo	-Redução dos custos de eliminação de resíduos; -Redução de custos resultantes da utilização de matérias-primas naturais;	-Lamas de carbonatização; -Lamas brancas; -Cinzas de caldeira	Fluxograma de Processo Avaliação de Tecnologias Abordagens de Melhoria do Produto Análise de Fluxo de Materiais
<b>Caso 4</b>	Cajati, Brasil	-Indústria química; -Cimenteira	Organizações	-Poupança de recursos naturais; -Poupança económica referente aos custos de eliminação de resíduos; -Melhoria da Imagem	-Resíduos dolomíticos.	Avaliação de Tecnologias Estratégia de Prevenção da Poluição Eco Balanço



### 3.3 Coprocessamento de resíduos em cimenteiras

Os processos que acontecem nos fornos são relativamente tolerantes em relação à fonte de calor, o que oferece a oportunidade de substituir combustíveis e matérias-primas naturais por resíduos cujas características sejam propícias ao desenvolvimento dos processos de formação do clínquer. Desde 1970 que se tornou prática comum esta substituição na indústria cimenteira e os estudos efetuados permitem demonstrar que o uso de resíduos de forma controlada permitiu a redução da emissão de gases de efeito de estufa, de consumo de recursos e no geral, contribuiu para a diminuição do impacto ambiental da produção do clínquer. Este processo é chamado de coprocessamento de resíduos e é descrito como sendo o uso de resíduos (sem alteração da qualidade final do produto), da fonte de energia ou ambas, em substituição de recursos minerais naturais e combustíveis fósseis em processos industriais, geralmente intensivos energeticamente como os característicos de cimenteiras. Os materiais normalmente utilizados no coprocessamento são denominados combustíveis e matérias-primas alternativas (AFR) e deverão ser pré-tratados e adequadamente analisados de modo a assegurar que as características destes se mantêm constantes e não causam efeitos adversos no cimento produzido e no ambiente (Lamas *et al.*, 2013; Boesch *et al.*, 2009; Hashimoto *et al.*, 2009).

Nos últimos anos pautados por uma grave crise económica, que afetou significativamente a indústria cimenteira, o coprocessamento de resíduos tornou-se uma excelente oportunidade de negócio para este setor. O uso de resíduos industriais nos processos de produção de cimento permitiu às empresas a redução dos seus custos de produção, redução da utilização de combustíveis fósseis e ainda resolver questões relativas ao destino final de resíduos. Além destes, há outros impactos positivos igualmente relevantes como a redução e o aumento do controlo das emissões poluentes, a substituição de combustíveis fósseis até 30%, a redução do consumo de energia, o aumento do investimento em áreas de tecnologia de ambiente, o aumento da competitividade e a melhoria da imagem das empresas aos olhos da comunidade e partes interessadas (Boesch *et al.*, 2009; Hashimoto *et al.*, 2009; Lamas *et al.*, 2013).

Estes resíduos, como já enunciado anteriormente, devem ser analisados relativamente às suas condições físicas (sólido, líquido ou gás), à sua toxicidade (metais pesados e compostos orgânicos), composição e conteúdo de cinzas, quantidade de voláteis, capacidade calorífica e composição da mistura. O conhecimento destes tópicos é essencial para não alterar as características do cimento e caracterizar a sua relevância para o poder calorífico dos fornos. Por exemplo, o coprocessamento de pneus como combustível alternativo constitui além da reciclagem, a melhor e mais viável opção para destino final. Estes possuem um grande poder calorífico, o que contribui para a redução do uso de combustíveis fósseis mas o seu uso deve ser limitado devido à presença de metais pesados na sua constituição, como o zinco. Este processo de substituição vai de encontro às expectativas de procura de fontes energéticas a baixo custo e da necessidade de encontrar um destino final de resíduos viável. Embora todas as suas vantagens, este deve ser devidamente regulamentado e auditado pelas agências ambientais governamentais de modo a garantir o uso das melhores práticas e garantir a segurança dos produtos, trabalhadores e populações (Boesch *et al.*, 2009; Hashimoto *et al.*, 2009; Lamas *et al.*, 2013).



## 4 Metodologia da Dissertação

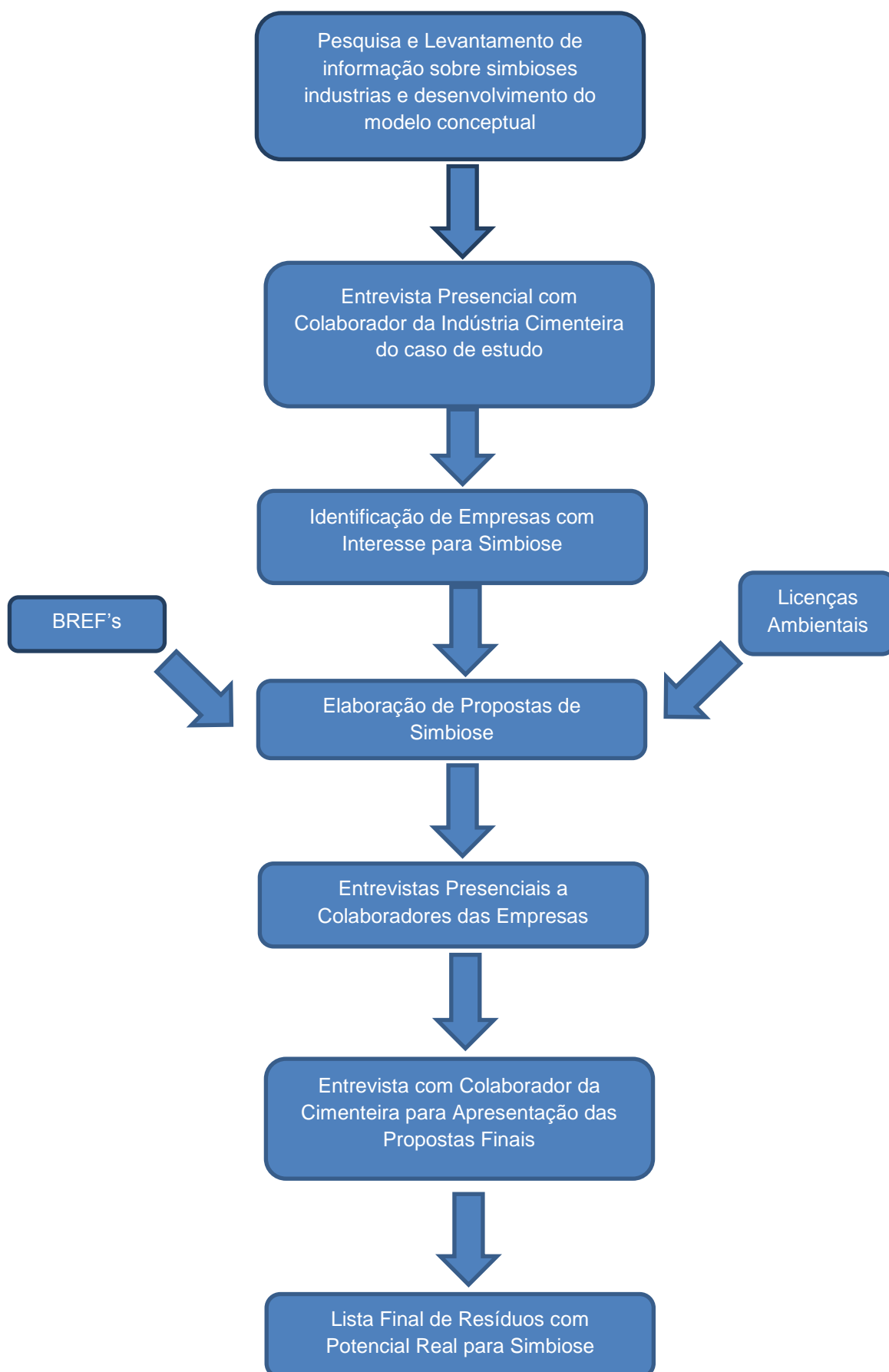
Na Figura 4.1 encontra-se representado um esquema síntese das principais etapas e métodos utilizados no desenvolvimento da presente dissertação.

O conceito de Ecologia Industrial tem vindo a ganhar destaque no meio industrial e começa a ser estudado e investigado mais profundamente pela comunidade científica. Atualmente já existe literatura suficiente para estabelecer um conceito sólido, sendo objetivo da revisão da literatura apresentada neste trabalho, revelar o estado corrente da mesma. Os artigos utilizados foram retirados da biblioteca *online* B-on utilizando os termos “industrial ecology review”, “industrial symbiosis review”, “eco industrial park” e “industrial ecology cement”. De acordo com a sua relevância foram incluídos nos capítulos em que a revisão se divide. Foi dada especial atenção à data de publicação dos artigos, sendo que os artigos mais antigos foram complementados com artigos mais recentes de modo a demonstrar a evolução de conceitos. A revisão de literatura permitiu desenvolver a proposta metodológica conceptual para a identificação e avaliação de simbioses.

O teste deste modelo conceptual no decurso da componente empírica deste trabalho iniciou-se com a identificação de empresas que poderiam produzir resíduos que a Secil pudesse valorizar e cujas instalações se localizassem na zona de Setúbal. Reconhecendo a importância da participação das partes interessadas em temáticas de ambiente, decidiu-se um conjunto de entrevistas presenciais a colaboradores de indústrias. A primeira foi efetuada na Secil, tendo como objetivo recolher a opinião relativa às empresas selecionadas e confirmar o interesse da cimenteira em trabalhar com estas. Seguidamente fez-se a análise das licenças ambientais das empresas, que são públicas *online*, e comparou-se com a licença ambiental da Secil. Esta fase permitiu identificar alguns resíduos produzidos sendo depois feito o cruzamento com os resíduos valorizáveis na cimenteira, seja o seu destino valorização material, energética ou aplicação na recuperação paisagística. Foram também utilizados os BREF's, documentos de referência a nível europeu sobre MTD, melhores técnica disponível, cuja informação sobre os resíduos frequentemente produzidos por empresas das várias áreas industriais apoiou a formação da proposta de simbiose a apresentar.

Depois de confirmadas as empresas, iniciaram-se os contactos através de *email* e telefone. Foram contactados colaboradores da área ambiental e que tivessem conhecimento sobre a produção e gestão de resíduos. Foram depois realizadas nove entrevistas presenciais (Anexo I), desde 30/10/2015 até 14/01/2016 onde se apresentou um guião de perguntas comum e a respetiva proposta de simbiose (Anexo II). Foi realizada a gravação da entrevista de modo a tratá-la sem qualquer perda de informação. Foi ainda realizada uma entrevista através de *email*, a uma empresa que já faz parte de um parque de ecologia industrial. Esta entrevista não foi tratada como as anteriores, designadamente a identificação do entrevistado, devido a questões de confidencialidade.

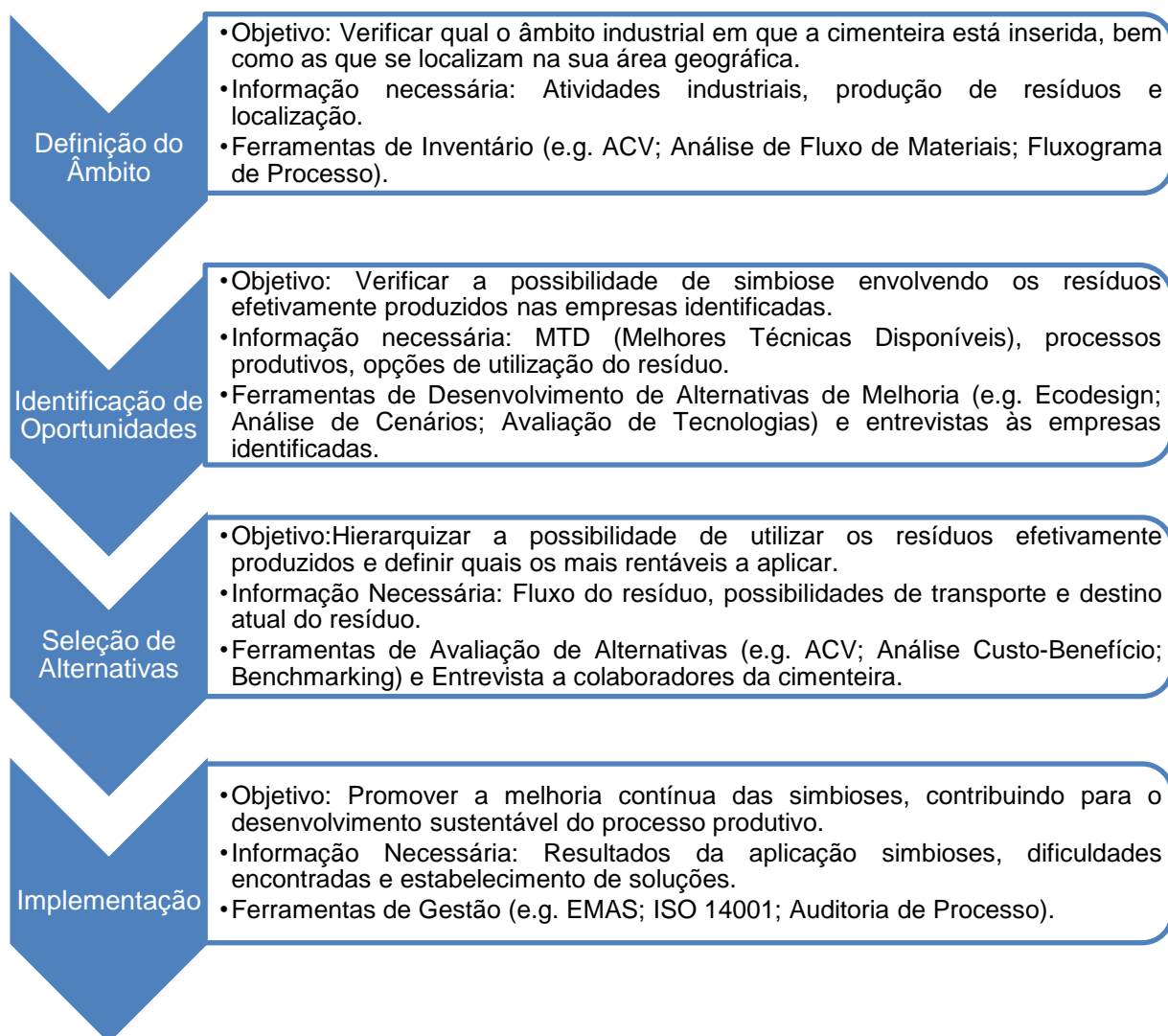
Depois de concluídas as entrevistas foi realizado o tratamento e análise de resultados. Nesta fase foi feita a calibração das respostas, onde se procurou identificar opiniões comuns e apresentá-las em gráficos, tabelas e em redes de ligação de resíduos entre as empresas consideradas, com vista a facilitar a sua compreensão e assimilação da informação recolhida. Procedeu-se depois à apresentação das propostas de simbiose já retificadas à Secil, que aconteceu no dia 17/03/2016, de modo a dar a conhecer os novos pontos de ligação identificados e recolher as suas perceções e recomendações (Anexo III). Depois de analisados os resultados, apresentam-se as conclusões retiradas. Finalmente serão apresentadas as recomendações futuras.



**Figura 4.1 - Metodologia utilizada no teste e implementação prática do modelo conceptual proposto**

## 5 Modelo de Identificação de Oportunidades para Simbioses Industriais em Cimenteiras

Após a revisão e análise da literatura, em que se identificaram oportunidades de investigação e lacunas na área das simbioses industriais em cimenteiras, foi criado um modelo geral direcionado para as indústrias de produção de cimento. Este modelo conceptual foi dividido em 4 fases essenciais para a aplicação dos conceitos de Simbiose Industrial, cada uma com as suas particularidades (Figura 5.1).



**Figura 5.1 - Modelo de identificação de oportunidades para simbioses industriais em cimenteiras**

A primeira fase é a definição do âmbito em que será necessária a recolha de informações primárias sobre a fábrica cimenteira em estudo, bem como das indústrias que geograficamente poderão permitir uma maximização da poupança tanto económica e processual, como ambiental. Estas informações referem-se a pormenores de funcionamento e localização, sendo necessário identificar possíveis restrições de acordo com planos de ordenamento do território, assim como as atividades industriais das empresas do ecossistema industrial a ser estudado e a produção de resíduos de cada

uma delas. Para esta fase deverão ser utilizadas ferramentas de inventário, pois são as mais indicadas para a recolha das informações necessárias através da análise de fluxos de materiais e produção de resíduos.

A segunda fase é a identificação de oportunidades. Nesta fase e depois de identificados os resíduos produzidos e as matérias-primas utilizadas, terá de se verificar a possibilidade real de simbiose entre as empresas em estudo. Uma das informações necessárias para esta fase são as MTD, cuja informação permite desde logo selecionar ou eliminar algumas possibilidades anteriormente identificadas. Além desta vantagem, podem ainda ser encontradas tecnologias que poderão ter de ser utilizadas e que demonstrarão qual o investimento a ser efetuado. É necessário também recolher dados sobre os processos produtivos de cada empresa, que permitirão adequar e maximizar as simbioses relativamente às indústrias em particular. As opções de utilização dos resíduos devem ser também identificadas, dando sempre primazia a atividades de valorização ou reciclagem em detrimento da eliminação. As ferramentas propostas para esta fase são as de desenvolvimento de alternativas de melhoria, cuja função é identificar as inovações e diagnosticar os processos produtivos de modo a otimizar a utilização de resíduos, água ou energia, conforme o tipo de simbiose proposto. Nesta fase, é também muito importante o envolvimento de todas as partes interessadas, sendo que as entrevistas presenciais representam uma ferramenta essencial cuja utilização é recomendada neste modelo. Uma alternativa ou complemento em futuras utilizações do modelo poderá incluir a realização de *workshops* com o envolvimento das partes interessadas.

A terceira fase é a seleção de alternativas, cujo objetivo será estabelecer uma hierarquia relativamente às várias possibilidades de simbiose, permitindo a avaliação dos resíduos, água ou energia relativamente à sua adequabilidade e rentabilidade. Aqui serão necessárias informações sobre o fluxo real do resíduo, água ou energia, bem como da logística, nomeadamente as possibilidades de transporte e armazenamento. O destino atual deverá também ser tido em conta, uma vez que novas simbioses dependem da rentabilização face à situação atual que é obtida. Considerando o caso dos resíduos, não deverão ser criadas novas simbioses que não sejam mais rentáveis para a empresa (ou no limite com igual rentabilidade) ou ainda se o destino atual já é de reciclagem ou valorização. Nesta fase, as ferramentas utilizadas serão as de avaliação de alternativas. Estas permitirão uma análise particular de cada resíduo, unidade de água ou energia, permitindo uma seleção das melhores simbioses em termos económicos, funcionais e ambientais. Propõe-se também proceder a uma entrevista presencial a colaboradores da cimenteira, ferramenta que permitirá validar a informação recolhida e considerar outras particularidades e parâmetros que ainda não tenham sido incluídos no processo de seleção.

A quarta e última fase é a implementação. Nesta dissertação não é objetivo considerar esta fase, apenas as três anteriores, mas estabelecem-se as bases para a sua aplicação. Esta tem como objetivo promover a melhoria contínua das simbioses, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do produto, neste caso o cimento. Esta fase é caracterizada pela monitorização das simbioses em termos de resultados operacionais, dificuldades de aplicação e estabelecimento de soluções mais benéficas. As ferramentas de gestão facilitam esta monitorização pois estabelecem parâmetros e boas práticas que permitem sistematizar e uniformizar os resultados.

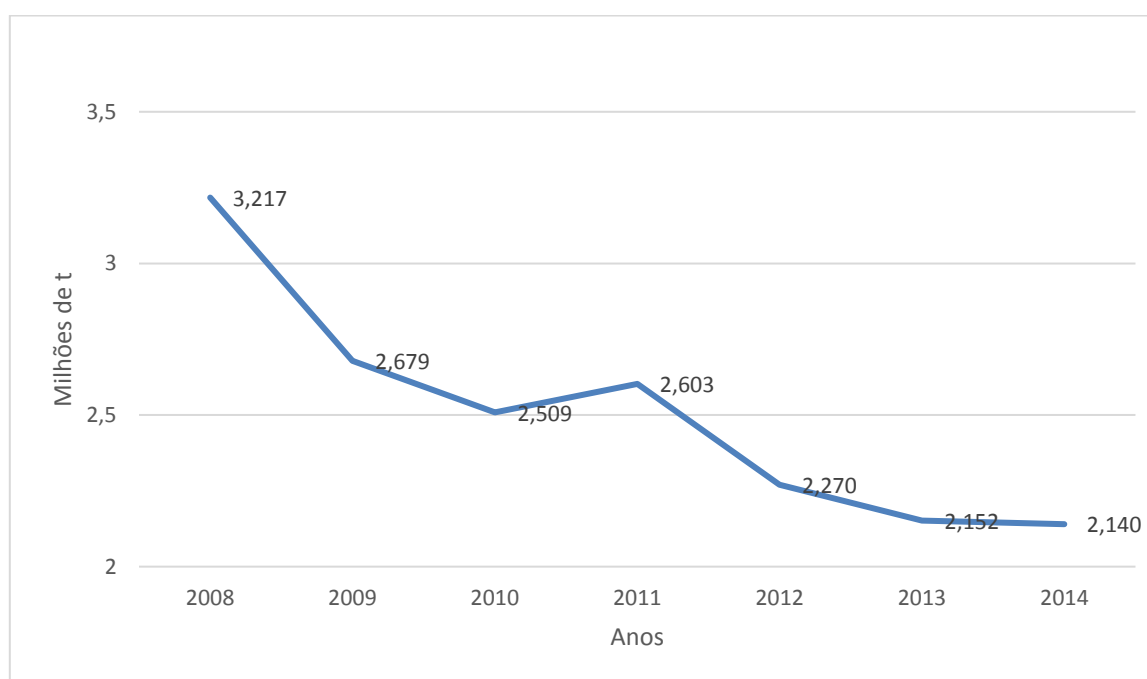
## 6 Caso de Estudo : SECIL – Fábrica Outão

### 6.1 Definição do Âmbito

#### 6.1.1 Caracterização do Caso de Estudo – Fábrica Secil-Outão

O caso de estudo será a fábrica do Outão, construída em 1904 pela Fundação da Companhia de Cimentos de Portugal, que aqui instalou dois fornos com capacidade de produção de 10 000 t/ano de cimento. Esta localiza-se no Parque Natural da Arrábida, distrito e concelho de Setúbal. Mais tarde, a fábrica é adquirida pela Companhia Geral de Cal e Cimento que os arrenda à Secil, tendo sido criada a marca Secil em 1925. Atualmente, a Secil faz parte do grupo empresarial SEMAPA e a sua principal atividade é a produção de cimento, tendo também participação nos setores do betão pronto, da exploração de pedreiras, da cal hidráulica, das argamassas, da prefabricação em betão e do tratamento de resíduos (Secil, 2014c; Secil, 2016).

A partir de 2008 e devido à crise económica que afetou a economia mundial, especialmente em países com problemas orçamentais e financeiros como Portugal, o grupo foi diminuindo a produção de cimento no nosso país (Figura 6.1). O objetivo passa a ser o aumento do investimento na exportação dos seus produtos e na sua internacionalização, tendo atividade em países como Tunísia, Líbano, Brasil, Angola e Cabo Verde. Os resultados não foram os esperados devido a fatores políticos e sociais em países como a Tunísia e o Líbano, mas espera-se que pelo menos o mercado europeu de construção consolide o baixo crescimento de 2014 e cresça nos dois anos seguintes (Secil, 2014c).



**Figura 6.1 - Evolução da produção de cimento Secil em Portugal de 2008 a 2014 (Fonte: Secil, 2009; Secil, 2010; Secil, 2011; Secil, 2012; Secil, 2013; Secil, 2014c)**

O grupo estabeleceu como objetivo reduzir as suas emissões de CO<sub>2</sub> e investiu na eficiência energética. Para isso foi aumentado o coprocessamento de combustíveis alternativos e a utilização de matérias-primas secundárias, bem como a cooperação com empresas produtoras de resíduos e de gestão de resíduos (Secil, 2014c). Na fábrica do Outão, além do fabrico de cimento como atividade principal, a legislação em vigor permite a coincineração de resíduos não perigosos e a coincineração de resíduos perigosos com um limite de 58 000 t/ano. A valorização energética de resíduos é permitida até uma percentagem de substituição de 89% em cada forno. Nesta instalação é

desenvolvida ainda, a exploração de pedreira, a valorização interna, não energética, de óleos usados com o código LER 13 02 05\* utilizados como lubrificante em alguns tipos de equipamento e ainda a valorização mecânica, através de trituração de resíduos com o código LER 16 01 01, que se destinam a valorização energética (APA, 2014). Segundo a Secil (2013), na fábrica do Outão são produzidos três tipos de cimentos, cujo processo produtivo se encontra descrito num capítulo anterior (Figura 3.1), nomeadamente:

- CEM I 42,5R e CEM I 52,5R – Cimentos Portland;
- CEM II/A-L 42,5R, CEM II/B-L 32,5N e CEM II/B-L 42,5R – Cimentos Portland de calcário;
- CEM IV/A (V) 32,5R – SR – Cimento pozolânico resistente a sulfatos.

A sua localização geográfica permite a expedição de produtos e receção de resíduos e matérias-primas tanto por via terrestre como marítima, através dos seus três cais acostáveis (Figura 6.2).



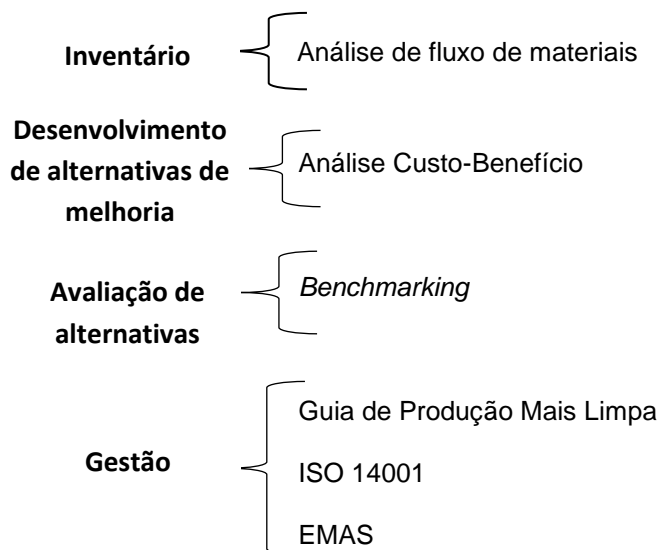
**Figura 6.2 - Enquadramento geográfico da fábrica Secil-Outão (Fonte: Wikipedia & Google Earth)**

### **6.1.2 Ferramentas de Ecologia Industrial utilizadas na Secil**

Durante a entrevista foi também apresentada a lista de ferramentas de ecologia industrial identificadas neste trabalho. O objetivo seria identificar as ferramentas utilizadas pela Secil nos seus processos de identificação de novas oportunidades de simbiose. A Secil tem uma empresa, a AVE cuja área de atividade é a gestão ambiental e valorização energética, que faz a identificação e avaliação dos resíduos. Esta empresa faz o acompanhamento do circuito dos resíduos para coprocessamento ao longo de todas as duas fases, desde a identificação de resíduos com possibilidades de serem valorizados até ao estudo de aplicabilidade e controlo de qualidade utilizando as tecnologias mais inovadoras e sustentáveis (AVE, 2016). Provavelmente utilizará várias ferramentas na sua atividade mas não se identificou nenhuma em específico com a informação disponível no seu *site*.



Depois de efetuados estes passos, é feito já na Secil o estudo em termos de características químicas cujo resultado condiciona a aplicação do resíduo no processo produtivo. Embora o que aconteça antes do resíduo chegar à Secil não seja conhecido, foram identificadas algumas ferramentas utilizadas não só numa ótica de ecologia industrial mas como metodologias base para as suas atividades de gestão. São elas:



### 6.1.3 Possibilidade de Simbiose envolvendo trocas de água e energia

Na entrevista à Secil, foi também questionada a hipótese de simbioses envolvendo água ou energia. De momento a fábrica Secil-Outão não põe em prática nenhuma simbiose envolvendo água ou energia, nem possui atualmente infraestruturas que as possibilitem. Na revisão de literatura também não foram encontrados casos de transferência de energia entre indústrias cimenteiras e outras que fazem parte de um ecossistema industrial. Nesta área existe porém a possibilidade de recuperar a energia dissipada nos fornos de indústrias de cimento. Aproximadamente 10 a 15% da energia consumida na produção de clínquer é diretamente dissipada na atmosfera através da superfície do forno, o que demonstra a necessidade de investimento em sistemas de recolha de calor (Luo et al., 2014).

Um dos sistemas encontrados consiste na instalação de um conjunto de unidades de geração termoelétrica no forno que permite recolher à volta de 30% da energia que anteriormente seria dissipada (Luo et al., 2014). Além destes resultados, estima-se que 26% do calor introduzido no sistema seja perdido quando é retirado o pó em excesso, nas descargas de clínquer, radiação e perdas por convecção no forno e no pré-aquecedor. Há também a hipóteses de instalar sistemas de recolha de calor no pré-aquecedor e no arrefecedor, que melhorarão a eficiência energética dos processos de fabrico. Estes sistemas além de promoverem a recuperação de energia que seria desperdiçada, provocam a redução da temperatura dos gases de escape, podendo baixar as emissões de CO<sub>2</sub> significativamente (Amiri & Vaseghi, 2014; Karellas et al., 2013).

A possibilidade de investir nas trocas de energia e água com outras indústrias não é viável, uma vez que seria necessária a construção de infraestruturas que o permitissem e a localização da fábrica da Secil-Outão está condicionada pelo Plano de Ordenamento do Parque Natural da Arrábida (POPNA). O plano promove “o contributo para a ordenação e disciplina das atividades urbanísticas, industriais, recreativas e turísticas, de forma a evitar a degradação dos valores naturais, seminaturais e paisagísticos, estéticos e culturais da região, possibilitando o exercício de atividades compatíveis, nomeadamente o turismo da natureza”, situações que qualquer construção perturbaria e estabelece

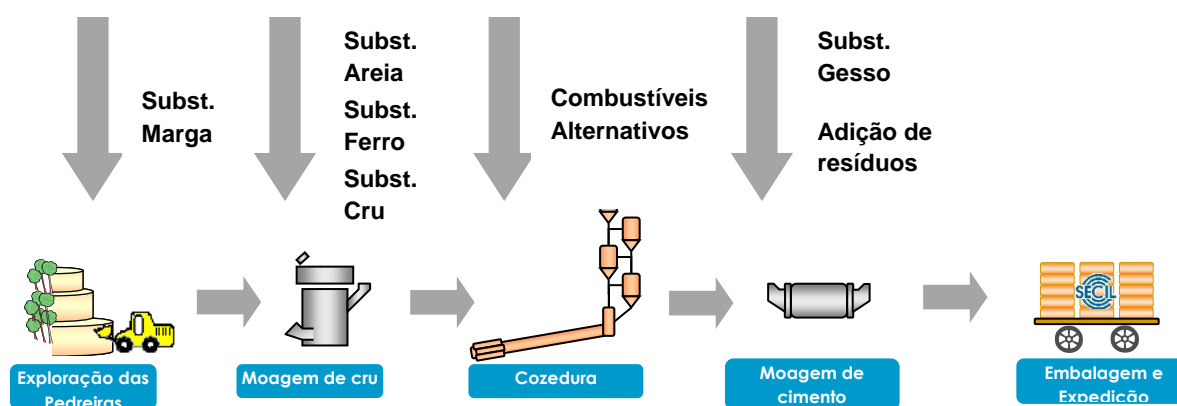
como atividades interditas a “realização de obras de construção em terrenos com inclinação superior a 25%”, bem como “as atividades que potenciem o risco de erosão natural, nomeadamente as mobilizações de solo nas encostas com declive superior a 25% e ainda mobilizações de terras que não sejam efetuadas segundo as curvas de nível, exceto as indispensáveis à manutenção das culturas permanentes instaladas à data de entrada em vigor deste Plano” (ICNF, 2016).

Obras neste tipo de terrenos seriam necessárias para a construção de infraestruturas, sendo que o POPNA estabelece ainda condicionantes à “realização de quaisquer obras de construção, reconstrução, recuperação, ampliação ou demolição fora dos perímetros urbanos ” e mais concretamente à “instalação de infraestruturas de produção, distribuição e transporte de energia elétrica, de telecomunicações, de transporte de gás natural, de saneamento básico ou de aproveitamento energético fora dos perímetros urbanos” e também à “ Instalação de infraestruturas hidráulicas” (ICNF, 2016).

Estas interdições e condicionantes tornam muito difícil, demorado e com elevados custos o licenciamento das atividades necessárias ao estabelecimento deste tipo de simbioses. No caso de cimenteiras que não tenham este tipo de limitações devem ser estudadas estas possibilidades.

#### 6.1.4 Resíduos com possibilidade de simbiose na fábrica SECIL-Outão

A fábrica possui licenciamento para aplicar resíduos nas várias fases do processo de produção do cimento. A Figura 6.3 indica a fase em que os vários tipos de resíduo poderão ser aplicados, sendo que na Tabela 6.1 encontram-se as matérias-primas secundárias que possuem as características favoráveis para a substituição de matérias-primas naturais e na Tabela 6.2 encontra-se uma listagem dos combustíveis alternativos utilizados na fábrica.



**Figura 6.3 - Substituição de materiais relativamente às fases do processo de fabrico do cimento (Fonte: Secil, 2014a)**

**Tabela 6.1 - Matérias-primas alternativas utilizadas na substituição de matérias-primas naturais**  
(Fonte: Hashimoto et al., 2009; Lamas et al., 2013; SECIL, 2014a; Secil, 2014b; SECIL, 2014c)

Tipo de Substituição	Resíduos utilizados
<b>Substituição de Marga</b>	Gravilhas e fragmentos de rochas
	Resíduos de corte e serragem de pedra
	Lamas de Cal
	Cinzas de fundo
	Resíduos sólidos de tratamento de gases
	Outros resíduos minerais
	Resíduos de Calcinação e Hidratação de Cal
	Rejeitados de Placas
	Resíduos de Betão e Lamas de Betão
	Escória de Soldadura
	Refratário usado
	Telhas de fibrocimento NT
	Mistura de RCD
	Lamas de ETARI
	Lamas de clarificação de água
	Substâncias Minerais
	Incozidos de cal
	Mistura de resíduos de cal
	Cinzas
	Cinzas de caldeira
	Resíduos de Extração de minério não metálico
	Resíduo granular cinzento
	Mistura betão, tijolos e ladrilhos
	Minerais
	Poeiras e pó
	Lamas e bolos de filtração de tratamento de gases
	Gesso
<b>Substituição de Areia</b>	Refratário usado
	Outros revestimentos de fornos
	Areias e argilas
	Machos de Fundição Vazados
	Machos de fundição não Vazados
	Finos de despoeiramento
	Escórias de caldeira
	Refratário usado
	Areias de leito fluidizado
	Areias de decapagem
<b>Substituição de Ferro</b>	Poeiras e pós
	Resíduos de tratamento de gases
	Escórias de forno
<b>Substituição de Cru</b>	Granalha Usada
	Granalha
	Cinzas de Pirite
<b>Substituição de Gesso</b>	Resíduos de processamento de escórias
	Rejeitados de pó
<b>Adições no Cimento</b>	Cinzas de caldeira
	Resíduos cálcicos reação sulfogesso
<b>Adições no Cimento</b>	Cinzas volantes
	Escórias

**Tabela 6.2 - Combustíveis alternativos utilizados em substituição de combustíveis fósseis**  
(Fonte: Hashimoto et al., 2009; Lamas et al., 2013; Secil 2014a)

Tipo de Substituição	Resíduos utilizados
<b>Combustíveis Alternativos</b>	Óleos usados, incluindo lubrificantes
	Resíduos contaminados com óleo e resíduos resultantes da produção de óleos
	Resíduos de limpeza e solventes resultantes do processo de produção de tintas
	Resíduos sólidos compostos por metais não-tóxicos
	Resíduos têxteis
	Materiais impróprios para consumo ou processamento
	Resíduos orgânicos
	Embalagens de papel e cartão
	Embalagens de madeira
	Pneus usados
	Madeira
	Plástico e borracha
	Resíduos combustíveis (combustíveis derivados de resíduos – CDR/RDF)
	Lamas de tratamentos físico-químicos, contendo substâncias perigosas
	Resíduos líquidos aquosos
	Resíduos do descasque de madeira e de cortiça

### 6.1.5 Levantamento de Empresas na Zona de Setúbal com Potencial para Possíveis Simbioses

Após a caracterização da empresa cimenteira, é necessário verificar a existência de empresas de interesse para uma possível simbiose de resíduos, energia ou água. A pesquisa deve ter em conta a localização e a área de atividade, que permitirá identificar os possíveis resíduos produzidos e que poderão constituir novas ligações com a cimenteira.

Para a presente dissertação, foi feita uma pesquisa *online* com vista a recolher informação de empresas cuja localização permita baixos custos de transporte e facilidade logística. As empresas identificadas e as respetivas áreas de atividade encontram-se na Tabela 6.3. Importa referir que esta foi uma identificação preliminar e que não foram identificados os resíduos potencialmente produzidos em todas estas empresas, mas apenas para as que demonstraram interesse e disponibilidade para uma reunião. Tentou ainda garantir-se que as áreas de atividade das empresas escolhidas fossem distintas, de modo a abranger um maior número de áreas.

**Tabela 6.3 - Levantamento preliminar de empresas com possibilidades de simbiose com cimenteiras**

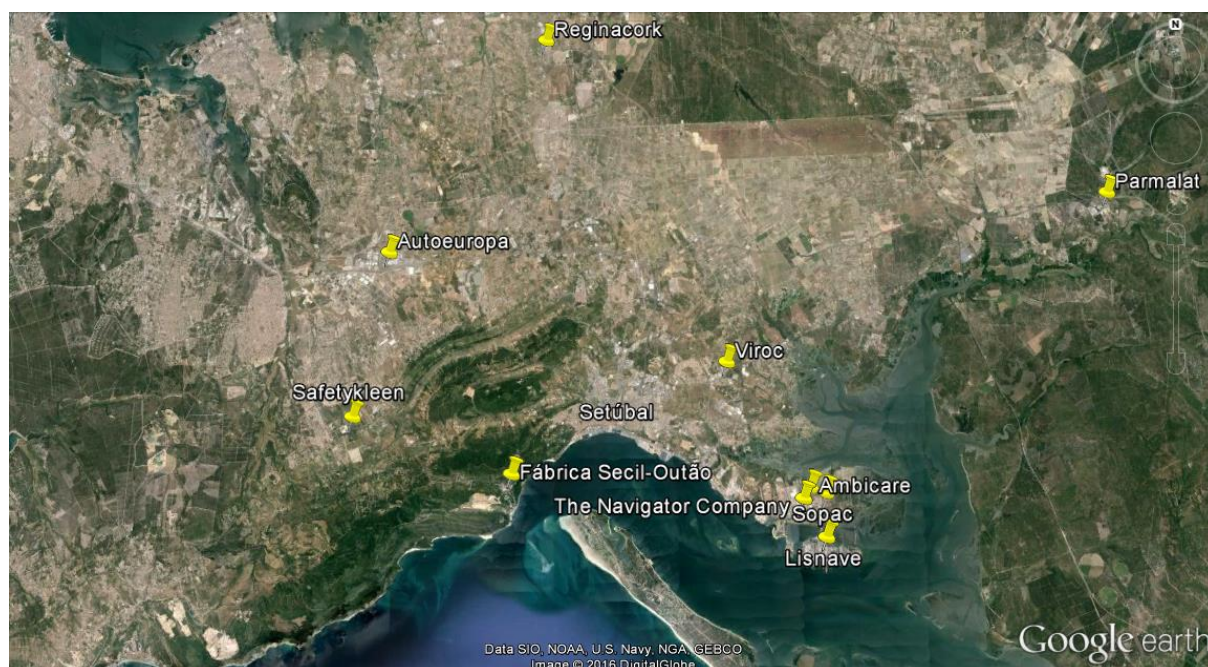
<b>Empresa</b>	<b>Área de Atividade</b>
<b>Deladubos</b>	Armazenamento e comercialização de adubos
<b>Ambitrena</b>	Valorização e gestão de resíduos
<b>Adubos Deiba</b>	Comercialização de adubos
<b>Ambicare</b>	Tratamento de resíduos
<b>Quima</b>	Reciclagem de papel e cartão
<b>Eco-Oil</b>	Tratamento de águas contaminadas
<b>Sopac</b>	Produção de adubos compostos
<b>Valresi</b>	Reciclagem e valorização de resíduos
<b>The Navigator Company</b>	Produção de pasta e papel
<b>Verde Arena</b>	Silvicultura e exploração florestal
<b>Lisnave</b>	Construção e reparação naval
<b>Eurominas Electro Metalurgia</b>	Comércio de minérios e metais
<b>Gatni</b>	Construção de embarcações e estruturas flutuantes
<b>Omya</b>	Produção de cargas minerais
<b>Viroc</b>	Produção de material composto por madeira e cimento
<b>Citri</b>	Tratamento de resíduos industriais
<b>Plastipalmela</b>	Produção de embalagens de plástico
<b>Autoeuropa</b>	Produção de automóveis
<b>Resibras</b>	Produção de resinas sintéticas e semissintéticas
<b>Visteon</b>	Produção de componentes para automóveis
<b>Reginacork</b>	Produção de granulados de cortiça
<b>Carmona</b>	Gestão de resíduos
<b>Parmalat</b>	Produção e distribuição de produtos alimentares
<b>Safetykleen</b>	Solventes e gestão de resíduos

## **6.2 Identificação de Oportunidades**

### **6.2.1 Seleção das Empresas com Potencial de Simbiose**

A seleção das empresas com potencial de simbiose fez-se de acordo com a informação recolhida *online*, pela análise dos BREF's e pela disponibilidade das mesmas em realizar a entrevista presencial necessária. Todas as instalações das empresas selecionadas encontram-se no distrito de

Setúbal e a sua localização é representada na Figura 6.4. As empresas que irão ser consideradas são então, a Ambicare, a Autoeuropa, a Lisnave, a Parmalat, a Reginacork, a Safetykleen, a The Navigator Company, a Sopac e a Viroc. Nestas empresas encontram-se indústrias produtoras e de gestão de resíduos.



**Figura 6.4 - Enquadramento geográfico das empresas selecionadas (Fonte: Google Earth)**

## **Empresas Produtoras e de Serviços**

### **Autoeuropa**

A Volkswagen Autoeuropa é uma fábrica do Grupo Volkswagen, sediado em Wolfsburg na Alemanha, cuja área de atividade é a produção automóvel. A fábrica encontra-se a operar em Palmela, tendo iniciado a sua produção em 1995. Atualmente, esta é responsável pela produção de veículos automóveis, ferramentas e peças prensadas e representa o maior investimento estrangeiro feito em Portugal e que por isso, tem um importante impacto na economia portuguesa (VW Autoeuropa, 2012).

### **Lisnave**

A Lisnave é uma indústria de estaleiros navais cuja área de atividade é a dos serviços. Esta oferece alternativas para a reparação e manutenção de embarcações e é localizada na zona da Mitrena, em Setúbal. O grupo surge em 1937, com atividades de reparação naval em Lisboa. Só em 1961 adota o nome de Lisnave – Estaleiros Navais de Lisboa, após a expansão do negócio para novas instalações. Em 1973 é construída a fábrica da Mitrena, com o nome Setenave – Estaleiros Navais de Setúbal. Após estas expansões, a empresa foi reestruturada em 1997 de modo a modernizar os seus processos, e hoje em dia apenas a fábrica da Mitrena se encontra em funcionamento e é nesta que estão concentradas todas as atividades da Lisnave. É uma das maiores indústrias da zona industrial de Setúbal, tendo grande importância na economia da região (Lisnave, 2016).

### **Parmalat**

A Parmalat foi fundada em 1961 em Parma, Itália. Esta opera na área da produção alimentar e foi “pioneira no enchimento asséptico de Leite em embalagens da Tetra Pak”, que permitiu a preservação mais prolongada do produto. Chegou a Portugal em 1993, iniciando a sua atividade como produtora de Leite UHT (pasteurizado) e mais tarde de outros produtos lácteos. Na fábrica de



Águas de Moura, concelho de Palmela e distrito de Setúbal, produz, além destes produtos, toda uma gama de sumos, néctares e refrigerantes (Parmalat, 2016).

### **Reginacork**



A Reginacork foi fundada em 1994 e a sua área de atividade é a transformação de cortiça. As suas instalações localizam-se no Pinhal Novo, concelho de Palmela e distrito de Setúbal. O seu produto são os granulados de cortiça, que têm diversas utilidades industriais. Possui ainda outra linha de triturado de cortiça (Reginacork, 2016).

### **The Navigator Company**



A The Navigator Company iniciou a sua atividade em 1953 em Cacia, Aveiro. A sua área de atividade é a produção de papel e pasta de papel. O ano de 1957 significou o início do crescimento da empresa, uma vez que foi a primeira a produzir pasta de papel proveniente de eucalipto através do processo *kraft*. Em 2006 dá-se a expansão do seu negócio, com a construção da fábrica de papel no Complexo Industrial de Setúbal e em 2009 é inaugurada a segunda fábrica de papel no mesmo local. Esta empresa é uma das maiores da Europa na produção de papéis finos de impressão e escrita não revestidos e a sua atividade é de grande relevância tanto para a economia local, como nacional (The Navigator Company, 2016).

### **Sopac**



A Sopac é uma empresa associada da ADP Fertilizantes, empresa já centenária que iniciou a sua atividade em 1898. A sua área de atividade é a produção de adubos e compostos azotados. A Sopac é responsável pela produção de Superfosfatos, adubos clássicos e adubos específicos, sendo a sua capacidade de produção de adubos compostos de 400 000 t/ano (ADP Fertilizantes, 2016).

### **Viroc**



A Viroc é uma empresa localizada no Vale da Rosa, em Setúbal. A sua área de atividade é a produção e comercialização de um “material compósito, constituído por uma mistura de partículas de madeira e cimento comprimido e seco. Uma vez calibrado/lixado, apresenta partículas de madeira visíveis na superfície do painel” (Viroc, 2016).

## **Empresas de Gestão de Resíduos**

### **Ambicare**



A Ambicare surgiu no ano de 1999, com o objetivo de ocupar uma lacuna no mercado dos óleos isolantes. Localiza-se na zona industrial de Setúbal e atua na área da gestão de resíduos. Com o evoluir do mercado de gestão de resíduos, a empresa além de continuar a investir no tratamento de óleos industriais, oferece ainda soluções para a reciclagem e tratamento dos componentes (como o mercúrio) de lâmpadas. Está também licenciada para fazer o armazenamento temporário de resíduos perigosos (Ambicare, 2016).

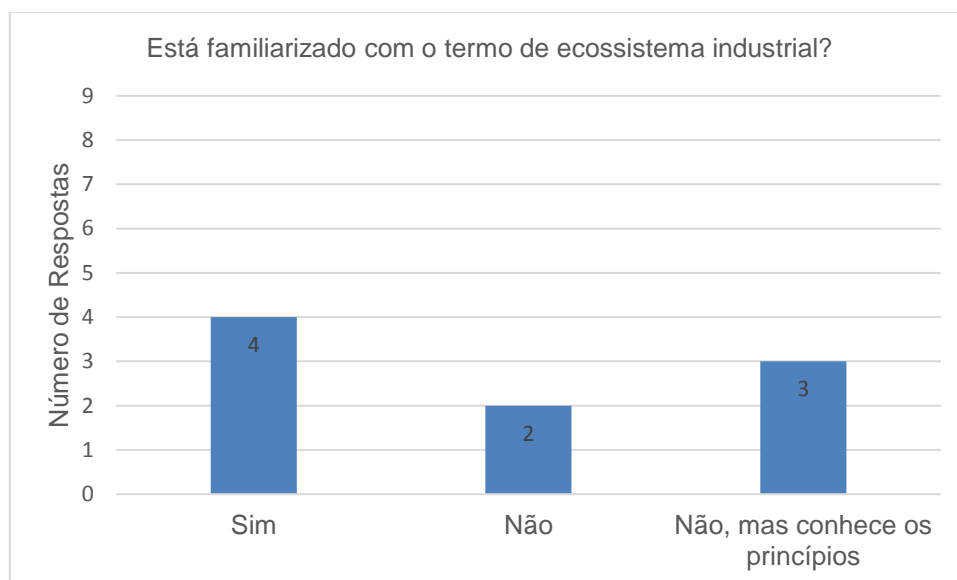
### **Safetykleen**



A Safetykleen surgiu em 1963 e é uma empresa de gestão de resíduos. Esta representa um importante operador de resíduos e as suas atividades englobam as áreas de tratamento e armazenamento de solventes e óleos (Safetykleen, 2016).

## 6.2.2 Entrevistas a Empresas com Potencial para Criação de Simbioses

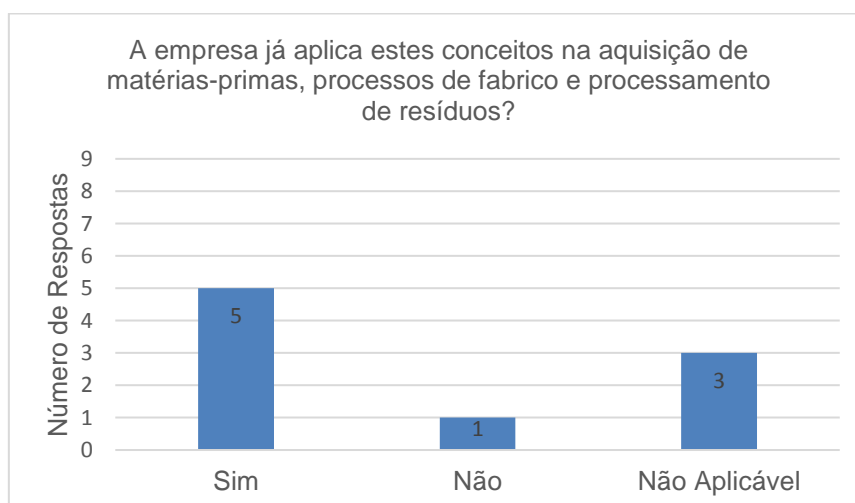
Após a identificação e mapeamento de oportunidades, foi feito o levantamento de oportunidades de simbioses através de entrevistas a colaboradores de empresas de diferentes sectores, com vista à validação dos resíduos identificados anteriormente. Antes dessa apresentação, procurou fazer-se um enquadramento e recolher de opiniões sobre os conceitos e princípios dos ecossistemas industriais. Os resultados da primeira questão colocada são apresentados na Figura 6.5.



**Figura 6.5 - Conhecimento dos entrevistados sobre o conceito de ecossistema industrial**

Com esta questão pretendia aferir-se o conhecimento das empresas sobre o conceito de ecossistema industrial, os seus princípios e ferramentas, a sua utilização como base para a área de gestão de resíduos, bem como fazer um enquadramento da entrevista que se seguiria. Dos nove entrevistados apenas dois não conheciam de todo o conceito, sendo que de seguida foi feita uma breve introdução ao tema, três não conheciam o conceito de “ecossistema industrial” mas utilizam os seus princípios na gestão dos resíduos da empresa e quatro conheciam o conceito e os seus princípios.

A segunda questão é apresentada na Figura 6.6. Esta questão procurou aferir o papel do conceito de ecossistema industrial nas empresas e se os seus princípios são utilizados nas suas atividades.



**Figura 6.6 - Aplicação dos conceitos de ecossistema industrial nos processos**



Esta questão não é aplicável às empresas de reciclagem e gestão de resíduos, bem como às que utilizam um subproduto como matéria-prima, num total de três. Esta questão é justificada pelo facto destas não adquirirem matérias-primas, não possuírem um processo de fabrico nem têm produção de resíduos. Das seis empresas a que esta pergunta seria aplicável, cinco respondem afirmativamente e apenas uma dá resposta negativa. Fica assim demonstrada a importância deste conceito e os seus princípios para as empresas e a pertinência desta temática.

A terceira questão tinha como objetivo identificar as cooperações que cada empresa põe em prática atualmente, o que permitiu verificar ligações entre algumas das empresas tidas em conta no âmbito do presente trabalho e ainda identificar quais as indústrias e áreas de atividade que poderiam possibilitar mais conexões. Os resultados desta pergunta são demonstrados na Tabela 6.4.

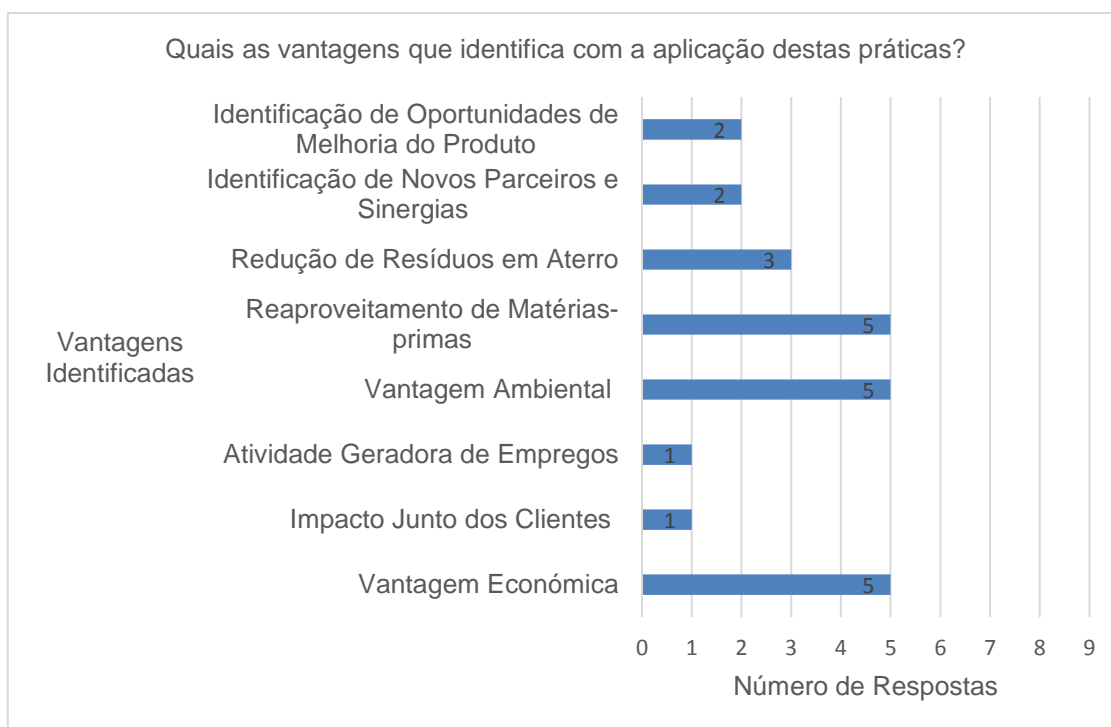
**Tabela 6.4 – Cooperações identificadas nas entrevistas às empresas selecionadas**

Quais as empresas com que cooperam?		
Empresa	Ligações na região de Setúbal	Ligações Fora da Região de Setúbal
<b>Secil</b>	Lisnave	-
	The Navigator Company	
	Reginacork	
	Safetykleen	
	Viroc	
<b>Ambicare</b>	Autoeuropa	ERP Portugal Amb3e Ambiciclo
	Parmalat	
	CM Setúbal	
	José Maria da Fonseca	
<b>Autoeuropa</b>	Secil	-
	Citri	
	Safetykleen	
	Carmona	
	Extruplás	
	Transucatas	
<b>Lisnave</b>	Siderurgia Nacional	Renascimento
	Citri	
	Secil	
<b>Parmalat</b>	Carmona	EGEO
	Ambicare	
	Ambigroup	Vidrologic
	Citri	
	Terra Fértil	
<b>The Navigator Company</b>	Ecociclo	Ferrovia Serviços Lena Ambiente Ecodeal
	Secil	
	Carmona	
	Corkrolo	
<b>Reginacork</b>	Ave	Starcork
	Secil	
	Ambigroup	
<b>Safetykleen</b>	Secil	Sisav
	Autoeuropa	
<b>Sopac</b>	Carmona	ADP Fertilizantes
<b>Viroc</b>	Secil	

Após a análise da Tabela 6.4 são de salientar as ligações das empresas da região de Setúbal à Secil. Estas empresas são de áreas de atividade distintas, tanto de produção, como de serviços ou gestão de resíduos. Nas indústrias produtoras identificam-se áreas de atividade como a fabricação de

veículos automóveis, a fabricação de papel e cartão, a preparação de cortiça e a fabricação de painéis de partículas de madeira. Nas indústrias que fornecem serviços, foi identificada uma indústria de reparação e manutenção de embarcações. Finalmente, na área da gestão de resíduos identifica-se uma indústria de recolha de resíduos perigosos.

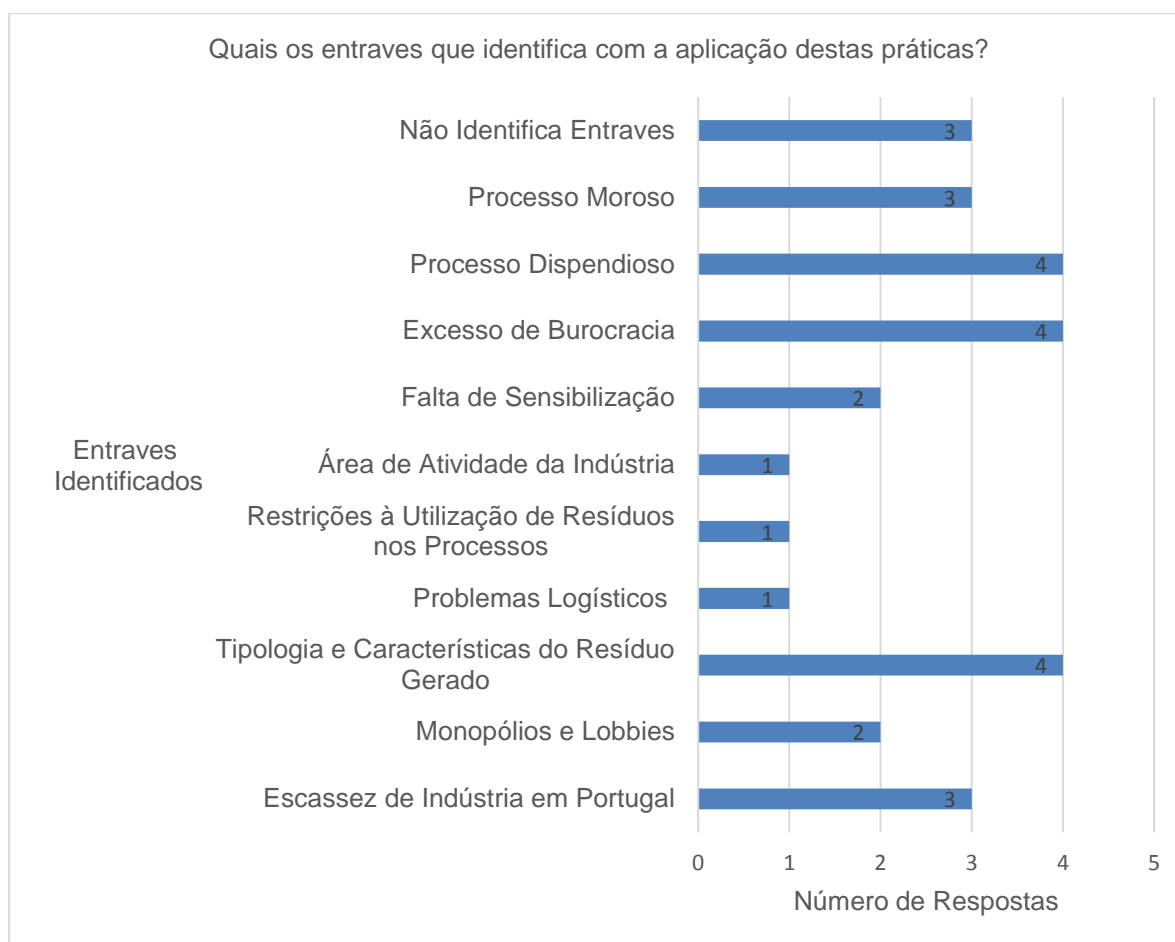
Esta situação permite-nos confirmar que a indústria cimenteira é uma boa possibilidade para a valorização de resíduos, pois as substituições de matérias-primas naturais e combustíveis podem ser efetuadas com resíduos provenientes de indústrias de áreas de atividade muito diferenciadas. Pode ainda observar-se que já são efetuadas algumas ligações simbióticas entre empresas, o que demonstra a aplicação prática de conceitos e princípios dos ecossistemas industriais.



**Figura 6.7 - Vantagens identificadas com a aplicação das práticas dos ecossistemas industriais**

Com a questão quatro pretendia inferir-se as empresas relativamente às vantagens que identificavam com a aplicação dos princípios de um ecossistema industrial. Através da análise da Figura 6.7, verifica-se que as vantagens reconhecidas mais frequentemente foram a vantagem ambiental, vantagem económica e o reaproveitamento de matérias-primas, todas com cinco respostas. A redução de resíduos em aterro foi uma vantagem identificada por três empresas, seguida da identificação de novos parceiros e sinergias e da identificação de oportunidades de melhoria do produto, ambas com duas respostas. Finalmente, o impacto junto dos clientes e a identificação destas práticas como atividades geradoras de emprego tiveram uma resposta.

Através das respostas recolhidas podem identificar-se três grupos distintos de vantagens, nomeadamente as vantagens ambientais, as vantagens económicas e as vantagens associadas aos processos produtivos. As vantagens ambientais são abordadas mais frequentemente, referidas quer de um modo geral, quer através do reaproveitamento de matérias-primas e da redução de resíduos em aterro, registando um total de treze respostas. As vantagens económicas são referidas por sete vezes, podendo agrupar-se juntamente com a vantagem económica (no geral), o impacto junto dos clientes e a geração de empregos. As vantagens associadas aos processos produtivos obtiveram um total de quatro respostas, resultado que agrupa a identificação de oportunidades de melhoria do produto e a identificação de novos parceiros e sinergias.



**Figura 6.8 - Entraves identificados na aplicação de práticas dos ecossistemas industriais**

A quinta questão (Figura 6.8) remete para os entraves que ainda prejudicam a aplicação destas práticas, limitando a abrangência dos princípios de ecossistema industrial. As respostas com maior frequência foram a tipologia e características do resíduo gerado, o excesso de burocracia e os custos associados a estes processos, com quatro respostas cada. A morosidade do processo, com três respostas, é também um entrave identificado importante, seguido da falta de sensibilização e da existência de monopólios e *lobbies* na área da gestão de resíduos, com duas respostas. Com uma resposta foram identificados como entrave a área de atividade da própria indústria, as restrições à utilização de resíduos nos próprios processos produtivos e os problemas logísticos. Finalmente, houve três empresas que não identificaram qualquer entrave.

Através da análise ao gráfico consegue-se estabelecer três grupos distintos de entraves. Os entraves mais enunciados pelas empresas foram os relacionados com os aspetos legais e de licenciamento, com onze respostas. Para este grupo foram contabilizadas as respostas “excesso de burocracia” e processos morosos e dispendiosos. Seguidamente podemos identificar entraves relacionados com aspetos funcionais dos casos em particular, com nove respostas. Deste agrupamento fazem parte as respostas “problemas de logística”, “restrições à utilização de resíduos nos processos”, “tipologia e características do resíduo gerado”, a “área de atividade da indústria” e a “falta de sensibilização”. Finalmente, consegue definir-se um grupo de entraves relacionados com aspetos de mercado, com cinco respostas. Para este último grupo, contabilizam-se as respostas “escassez de indústria” e os “monopólios e *lobbies*”.



**Figura 6.9 - Oportunidades de melhoria identificadas para uma correta aplicação de conceitos dos ecossistemas industriais**

A presente questão (Figura 6.9) remetia os entrevistados para a identificação de oportunidades de melhoria nesta área. A oportunidade com maior frequência de respostas foi a desburocratização, com quatro respostas seguida da desclassificação de resíduos com três respostas. Esta última, a desclassificação de resíduos, é o mecanismo através do qual “substâncias ou objetos resultantes de um processo produtivo possam ser considerados subprodutos e não resíduos” e “determinados resíduos deixem de ter o estatuto de resíduo”. O seu objetivo é “desonerar e simplificar as formas de aproveitamento das substâncias, objetos ou produtos em causa.” (APA, 2016c).

Seguidamente, as respostas dadas por duas vezes são a “plataforma informática de oferta e procura de resíduos”, a “diminuição dos custos de transporte e tratamento” e o “aumento do investimento”. Finalmente contabilizam-se as oportunidades identificadas apenas por uma empresa, nomeadamente a “melhoria do desempenho de funções por parte das entidades reguladoras”, a “identificação e quantificação de resíduos produzidos”, a “sensibilização dos colaboradores”, a “diminuição do afunilamento dos resíduos para um operador de gestão”, a “identificação de novas possibilidades de valorização de resíduos”, a “criação de mais valor” e a “cooperação entre empresas”.

Através da interpretação do gráfico, consegue identificar-se oportunidades de melhoria em diferentes áreas. A área mais referida é respeitante aos aspetos legais e de licenciamento, com um número total

de nove respostas. Deste agrupamento fazem parte a “desburocratização”, o “desempenho das funções por parte das entidades reguladoras”, “desclassificação de resíduos” e ainda a “diminuição do “afunilamento” dos resíduos para um operador”. De seguida, reconhece-se um agrupamento relacionado com aspetos financeiros, cujas respostas ascendem a quatro. Para este grupo considerou-se as respostas “aumento do investimento” e a “diminuição dos custos de transporte e tratamento”. Há também quatro respostas cujo tema poderá ser definido como as oportunidades de melhoria associadas aos aspetos funcionais dos casos em particular. Para este, foram consideradas as respostas “identificação e quantificação de resíduos produzidos”, a “sensibilização de colaboradores”, a “identificação de possibilidades de valorização dos resíduos” e a “criação de mais valor”. Finalmente consegue definir-se um último grupo, com três respostas que abordam aspetos relacionados com a cooperação entre empresas. Neste foram consideradas as respostas “cooperação entre empresas” e a “plataforma informática de oferta de resíduos”.

A sétima pergunta procura aferir a abertura das empresas para estabelecer novas cooperações além das que já têm. Todas as empresas entrevistadas mostraram disponibilidade, tendo sido recolhidas nove respostas positivas e zero negativas. Embora esta fosse uma resposta fechada, os colaboradores enunciaram as razões para as suas respostas positivas, o que enriquece esta análise. As razões dadas são de diversas ordens, nomeadamente “para aumentar as opções de valorização de resíduos”, “procuramos novas oportunidades de negócio” ou “porque grande parte dos nossos resíduos vai para aterro”. Outras demonstram “abertura a novos estudos”, enquanto para outras o benefício “não é muito vantajoso” e “o objetivo é incorporar todo o resíduo no processo”, o que não invalidou uma resposta positiva.

### **Propostas de Simbiose Industrial**

As propostas apresentadas seguidamente resultam da análise da documentação recolhida *online* relativa às empresa ou às suas áreas de atividade. Estas foram definidas num âmbito de avaliação preliminar da possibilidade de simbiose industrial envolvendo apenas resíduos. Esta avaliação consistiu na apresentação através de entrevistas presenciais, de cada resíduo por código LER e pela sua designação de acordo com a Lista Europeia de Resíduos e cuja análise teria três hipóteses de resposta, “Sim”, “Sim com reservas” e “Não”.

Na sequência das entrevistas presenciais às empresas consideradas, foram ainda identificados alguns resíduos cujo tratamento ou valorização ainda não são possíveis ou rentáveis. Procurou-se então, através da opinião dos colaboradores, identificar resíduos que futuramente e através de novas estratégias poderiam passar a ser enviados para a Secil.

### **Proposta preliminar apresentada à Autoeuropa**

Na Tabela 6.5 são apresentados todos os resíduos identificados como sendo possivelmente produzidos na Autoeuropa e é feita a avaliação através da opinião do colaborador entrevistado.

**Tabela 6.5 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Autoeuropa envolvendo resíduos que poderão seguir para a Secil**

Código LER	Designação do Resíduo	Proposta avaliada positivamente pelas empresas
<b>02 01 04</b>	Resíduos de plásticos (excluindo embalagens)	Sim, com reservas
<b>05 01 06*</b>	Lamas contendo hidrocarbonetos provenientes de operações de manutenção das instalações ou equipamentos	Não
<b>10 12 13</b>	Lamas do tratamento local de efluentes	Não
<b>12 01 01</b>	Aparas e limalhas de metais ferrosos	Sim
<b>12 01 02</b>	Poeiras e partículas de metais ferrosos	Sim
<b>12 01 13</b>	Resíduos de soldaduras (Escória de soldadura)	Não
<b>13 02 05*</b>	Óleos minerais não clorados de motores, transmissão e lubrificação	Sim, com reservas
<b>13 05 02*</b>	Lamas provenientes dos separadores de óleos/água(a)	Sim, com reservas
<b>13 08 99*</b>	Derrame de Hidrocarbonetos(a)	Não
<b>15 01 03</b>	Embalagens de madeira	Sim
<b>15 02 02*</b>	Trapos, desperdícios e absorventes contaminados com hidrocarbonetos(a)	Sim
<b>19 02 06</b>	Lamas de tratamento físico-químico	Não
<b>19 08 13*</b>	Lamas de outros tratamentos de águas residuais industriais, contendo substâncias perigosas	Sim
<b>19 08 14</b>	Lamas do tratamento de águas residuais industriais	Não
<b>19 09 01</b>	Areia de filtração	Sim
<b>19 09 02</b>	Lamas de clarificação de água	Não

Considerando as respostas positivas, o primeiro resíduo apreciado foi o 02 01 04. Este resíduo poderá ser enviado para a Secil, embora seja atualmente enviado para a Extruplás, empresa que proporciona uma segunda vida ao plástico usado utilizando-o para construir mobiliário e ainda o adquire à Autoeuropa. Quanto aos resíduos 12 01 01 e 12 01 02, a Autoeuropa desconhecia que a Secil tinha interesse em recebê-los. Atualmente, estes resíduos são encaminhados para a Siderurgia Nacional, através da sua venda. Assim, uma possível ligação com a Secil teria de proporcionar uma maior valia.

Relativamente aos resíduos 13 02 05\* e 13 05 02\*, estes podem ser efetivamente enviados para a Secil, embora sejam atualmente enviados para a EcoLub que faz a sua reciclagem. Considerando o resíduo 15 01 03, verificou-se que também é vendido e assim uma possível ligação com a Secil teria de proporcionar um maior lucro. O resíduo 15 02 02\* pode ser enviado para a cimenteira, acontecendo o mesmo com o 19 09 01. Finalmente, o resíduo 19 08 13\* constitui uma ligação com a Secil que recentemente foi posta em prática com sucesso e deverá continuar.

No caso da Autoeuropa foi proposta também a possível receção de resíduos provenientes da Secil, nomeadamente o 12 01 17, o 17 04 05 e o 17 04 07 (Tabela 6.6).

**Tabela 6.6 - Proposta preliminar apresentada à Autoeuropa envolvendo resíduos que poderão seguir a partir da Secil**

Código LER	Designação do Resíduo	Avaliação da Empresa
<b>12 01 17</b>	Restos de granalha usada	Não
<b>17 04 05</b>	Ferro e aço	Não
<b>17 04 07</b>	Sucata Metálica (c/guia RCD)	Não

Estes resíduos foram produzidos pela Secil este ano e pensou-se que poderiam ser valorizados pela Autoeuropa. Na opinião da empresa, não será possível estabelecer estas ligações devido às especificações que a chapa utilizada na manufatura dos produtos tem de garantir. De momento toda a chapa usada é comprada pela Volkswagen na Alemanha e nunca foi equacionada a utilização de chapa ou metal reciclado.

#### ***Proposta preliminar apresentada à Lisnave***

Na Tabela 6.7 são apresentados os resíduos propostos à Lisnave como possibilidades para novas simbioses com a Secil.

**Tabela 6.7 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Lisnave**

Código LER	Designação do Resíduo	Proposta avaliada positivamente pela empresa
<b>10 13 13</b>	Resíduos sólidos do tratamento de gases não abrangidos em 10 13 12	Não
<b>12 01 01</b>	Aparas e limalhas de metais ferrosos	Sim com reservas
<b>12 01 02</b>	Poeiras e partículas de metais ferrosos	Não
<b>12 01 13</b>	Resíduos de soldaduras (Escória de soldadura)	Sim com reservas
<b>12 01 17</b>	Resíduos de materiais de granalhagem, não abrangidos em 12 01 16	Sim
<b>19 02 06</b>	Lamas de tratamento físico-químico	Não

Relativamente ao resíduo 12 01 01, a possibilidade de ligação foi confirmada, tendo sido assinaladas algumas reservas quanto à composição deste resíduo, que terá de ser analisado de modo a verificar o cumprimento dos requisitos para os resíduos valorizáveis. Quanto ao resíduo 12 01 13, de momento é enviado para aterro pois não é devidamente separado, sendo misturado nos contentores de RIB's (Resíduos Industriais Banais) com outros resíduos. Fazer a sua separação teria custos

adicionais e é difícil garantir que os trabalhadores separam corretamente os resíduos, pois há grande rotatividade e não há grande sensibilização em matéria ambiental.

O resíduo 12 01 17 já é enviado para a Secil atualmente e esta ligação deverá continuar. Este foi identificado como sendo o único resíduo que poderia ser utilizado pela Secil num estudo anteriormente realizado, sendo que ultimamente não tem havido qualquer investigação. Quanto ao resíduo 19 02 06, não é produzido na Lisnave com este código, pois as lamas de tratamento físico-químico ali produzidas são contaminadas com substâncias perigosas, nomeadamente metais pesados. A totalidade deste resíduo vai também para aterro, sendo que uma ligação com a Secil teria de ser acautelada através do tratamento anterior ao envio para a cimenteira. Tal como a Autoeuropa faz, este resíduo poderia ser enviado para a empresa de gestão de resíduos Carmona e aí ser tratado de modo a cumprir os requisitos para ser valorizado.

#### *Novas Possibilidades de Simbioses Futuras*

Na entrevista à Lisnave, o colaborador entrevistado deu a sugestão de incorporar as latas de tinta, ou seja, contaminadas na Secil. Estas embalagens têm o código LER 15 01 10\* e a sua produção é contínua e em grandes quantidades. Após uma pesquisa através da APA (2014), verificou-se que este código não faz parte da lista de resíduos valorizáveis na cimenteira. Também foi feita uma pesquisa na biblioteca *online* B-on mas não foram encontrados casos de valorização deste tipo de resíduo em cimenteiras. Sendo assim, deve ser encontrada outra solução mais ambientalmente favorável noutro tipo de indústria ou através de parcerias com empresas de reciclagem.

#### **Proposta preliminar apresentada à Parmalat**

A proposta preliminar à Parmalat encontra-se na Tabela 6.8. De seguida será feita a interpretação da mesma.

**Tabela 6.8 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Parmalat**

Código LER	Designação do Resíduo	Proposta avaliada positivamente pela empresa
<b>02 07 04</b>	Materiais impróprios para consumo ou processamento	Não
<b>10 01 01</b>	Cinzas, escórias e poeiras de caldeiras	Não
<b>10 13 13</b>	Resíduos sólidos do tratamento de gases não abrangidos em 10 13 12	Não
<b>12 01 02</b>	Poeiras e partículas de metais ferrosos	Sim com reservas
<b>15 01 02</b>	Embalagens de plástico	Sim
<b>15 01 03</b>	Embalagens de madeira	Sim
<b>15 02 02*</b>	Trapos, desperdícios e absorventes contaminados com hidrocarbonetos	Sim com reservas
<b>20 01 38</b>	Madeira não abrangida em 20 01 37	Não

A empresa não tem grandes problemas na área dos resíduos pois não os produz em grande quantidade, sendo que apenas 10% dos resíduos produzidos não têm valorização. Relativamente ao resíduo 02 07 04, este é constituído por matérias-primas e produtos fora da validade ou da qualidade necessária à sua comercialização. Sendo a Parmalat uma empresa de produção alimentar, nomeadamente sumos, natas ou *béchamel*, o resíduo é constituído por estes produtos que têm densidades ligeiramente acima da água e têm grande teor de humidade e gorduras. Esta situação não permite que estes tenham uma valorização energética, afetando potencialmente o processo da



Secil, tendo sido descartada esta hipótese de nova ligação. Estes resíduos terão de ir para aterro, pois não é conhecida atualmente outra utilidade que traga benefícios.

Quanto aos resíduos 10 01 01 e 10 13 13, embora façam parte da lista de produção de resíduos incluída na licença ambiental da Parmalat, não são produzidos atualmente. Estes eram produzidos na altura em que era utilizado fuelóleo como fonte de energia, sendo que hoje em dia trabalham com gás natural e por isso, deixou de haver produção. O resíduo 12 01 02 pode constituir uma nova ligação, embora a sua produção seja muito reduzida e terá de ser estudada a sua rentabilidade. Em relação ao 15 01 02, têm produção e é enviado para valorização na empresa de gestão de resíduos EGEO. A possível ligação com a Secil teria de garantir uma maior valia para a Parmalat do que a que é garantida atualmente.

Quanto ao resíduo 15 01 03, a empresa tem uma parceria com a empresa de gestão de resíduos Ecociclo, que faz toda a sua gestão libertando a Parmalat de qualquer encargo. Uma nova parceria envolvendo este resíduo teria de garantir uma maior valia mas poderão existir benefícios para a cimenteira, uma vez que a sua produção ascende às 50 t/ano que poderiam ser utilizadas com vista à valorização energética.

O resíduo 15 02 02\* constitui nova oportunidade de ligação com a cimenteira pois a sua produção é significativa. Uma eventual simbiose teria de ser muito bem defendida, pois trata-se de um resíduo perigoso e a lei obriga a “cuidados redobrados”. Além disso, a Parmalat trata os resíduos perigosos de forma indiferenciada, não sendo fácil proceder à sua separação. Embora tenha estas limitações, a licença ambiental da Secil permite a sua receção e este resíduo pode efetivamente constituir uma nova ligação. Já o resíduo 20 01 38 foi resultante de uma situação pontual aquando da construção das instalações e não é algo que ocorra frequentemente.

### ***Proposta preliminar apresentada à The Navigator Company***

A Tabela 6.9 apresenta a informação recolhida durante a entrevista realizada aos colaboradores da The Navigator Company. De seguida são descritas as razões da avaliação dada a cada resíduo.

**Tabela 6.9 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à The Navigator Company**

Código LER	Designação do Resíduo	Proposta avaliada positivamente pela empresa
<b>01 04 09</b>	Areias e Argilas	Não
<b>02 04 02</b>	Carbonato de cálcio fora de especificação	Não
<b>03 03 01</b>	Resíduos do descasque de madeira e resíduos de madeira	Sim
<b>03 03 07</b>	Rejeitados mecanicamente separados, do fabrico de pasta a partir de papel e cartão usado	Não
<b>03 03 08</b>	Resíduos da triagem de papel e cartão destinados a reciclagem	Não
<b>03 03 09</b>	Resíduos de lamas de cal	Sim
<b>03 03 10</b>	Rejeitados de fibras e lamas de fibras, fillers e revestimentos, provenientes da separação mecânica	Sim
<b>07 01 99</b>	Hidróxido de cálcio	Não
<b>10 01 01</b>	Cinzas, escórias e poeiras de caldeiras	Sim

**Tabela 6.9 (Cont.) - Proposta preliminar de simbiose apresentada à The Navigator Company**

<b>Código LER</b>	<b>Designação do Resíduo</b>	<b>Proposta avaliada positivamente pela empresa</b>
<b>10 01 02</b>	Cinzas volantes da combustão de carvão	Não
<b>10 01 03</b>	Cinzas volantes da combustão de turfa ou madeira não tratada	Não
<b>10 12 05</b>	Lamas e bolos de filtração do tratamento de gases	Não
<b>10 13 04</b>	Resíduos da calcinação e hidratação de cal	Não
<b>10 13 13</b>	Resíduos do tratamento de gases não abrangidos em 10 13 12	Não
<b>17 05 04</b>	Solos e rochas, não abrangidos em 17 05 03	Não
<b>19 01 14</b>	Cinzas volantes, não abrangidas em 19 01 13	Não
<b>19 01 16</b>	Cinzas de caldeiras, não abrangidas em 19 01 15	Não
<b>19 08 14</b>	Lamas do tratamento de águas residuais industriais	Não

O primeiro resíduo analisado tem o código LER 01 04 09, tendo-se verificado que não era produzido na empresa. Em vez deste último, são produzidas areias de leito fluidizado com o código 10 01 24, que atualmente não possibilita qualquer oportunidade de valorização e um dos objetivos seria encontrar alternativas para este tipo de areias. Depois de verificada a licença ambiental da Secil, concluiu-se que este código LER faz parte dos resíduos que podem ser recebidos pela cimenteira para fazer a sua valorização material constituindo uma nova possível ligação.

A segunda simbiose apresentada foi o resíduo 02 04 02 que é enviado para a CITRI, embora não seja o seu destino final. Enviar este resíduo para a Secil não será a solução mais adequada, sendo que o objetivo será incorporar este carbonato de cálcio no próprio processo produtivo através de tecnologia a ser implementada. Seguidamente temos o código LER 03 03 01 que pode constituir uma nova ligação com a Secil. Este deixou de ser considerado resíduo através do parecer da APA, que o desclassificou e o excluiu do âmbito da aplicação de legislação sobre resíduos. Atualmente esta indústria de pasta e papel faz a sua valorização energética, utilizando-o como combustível secundário, o que poderia acontecer também na cimenteira.

Em relação aos resíduos 03 03 07 e 03 03 08, estes não são produzidos pelo processo de fabrico da The Navigator Company. Já o resíduo 03 03 09 é atualmente enviado para a Secil. Este não é um resíduo resultante do processo de fabrico e só é produzido se existir uma avaria durante o processo. É então produzido apenas episodicamente mas pode continuar a ser enviado para a cimenteira. O resíduo 03 03 10 é produzido pelo processo de fabrico da The Navigator Company e sendo que a Secil pode recebê-lo de acordo com a sua licença ambiental, esta é uma nova oportunidade de ligação. Este é constituído por aparas de madeira que não cozem no digestor da fábrica e é produzido em grandes quantidades. Poderá ser utilizado para produzir cartão, o seu destino mais “nobre”, podendo ainda ser utilizado para compostagem, cama de gado ou combustível. Potencialmente poderia ser enviado para a Secil para valorização energética.

O resíduo 07 01 99 é um produto intermédio e não um resíduo, não constituindo por isso uma possibilidade de ligação. Quanto ao resíduo com o código 10 01 01, é produzido em grande quantidade, sendo um dos mais importantes nesta indústria. É considerada uma boa possibilidade o

envio deste resíduo para a Secil, pois a The Navigator Company não o consegue reintroduzir no seu próprio processo e há uma produção contínua do mesmo.

Os resíduos 10 01 02, 10 01 03 e 10 12 05 não são produzidos pela The Navigator Company. O resíduo 10 13 04 não é produzido com este código LER, sendo o código correto 03 03 02 que a Secil não está licenciada a receber. Quanto ao código 10 13 13, este é constituído por poeiras que são reintroduzidas no processo. O resíduo 17 05 04 só é produzido se houver uma obra, o que acontece pontualmente. Os resíduos 19 01 04 e o 19 01 16 não são produzidos, enquanto o 19 08 14 tem um LER diferente, o 03 03 11 e é constituído por lamas que são utilizadas para a correção do pH dos solos e não faz parte da licença ambiental da Secil.

#### *Novas Possibilidades de Simbioses Futuras*

Na entrevista à The Navigator Company foram identificados pelos colaboradores alguns resíduos que não possuíam qualquer possibilidade de incorporação no seu próprio processo ou rentabilidade que permitisse a sua valorização. São os chamados *dregs* e os *grits*, que acabam por ir para aterro. Numa tentativa de conseguir estabelecer estes resíduos como possibilidades de simbiose para com a Secil, foi feita uma pesquisa da utilização destes resíduos no cimento ou produtos cimentícios.

Após a análise do BREF (JRC, 2015) referente à indústria de produção de pasta e papel foram identificados estes resíduos em termos de código LER e de composição. Os *dregs* e *grits* constituem as lamas de licor verde, provenientes da valorização do licor de cozimento e são formadas no processo de produção Kraft que a The Navigator Company utiliza. Estas são lamas inorgânicas compostas por sólidos alcalinos e têm o código LER 03 03 02 (Matias, 2012). Após análise da licença ambiental da Secil (APA, 2014) verificou-se que a cimenteira não está licenciada para o receber, por isso procurou-se na bibliografia utilizações para este tipo de resíduos.

A quase totalidade dos resíduos produzidos pela indústria de produção de pasta e papel é valorizável utilizando as melhores técnicas disponíveis e em alguns casos um pré-tratamento. As frações inorgânicas como os *dregs* e *grits* podem ser utilizadas na construção civil, nomeadamente para pavimentar estradas e para recuperação paisagística (JRC, 2015).

Há também estudos que propõem a incorporação destes resíduos como matérias-primas secundárias na produção de clínquer e os resultados demonstram que a adição, desde que seja em pequenas quantidades, não causa mudanças significativas na composição química das matérias-primas naturais. Esta possibilidade é tecnicamente viável e não apresenta efeitos ambientalmente nefastos no que toca às emissões atmosféricas e permitiria evitar a colocação em aterro (Castro *et al.*, 2009). Estes podem ainda ser adicionados a misturas betuminosas, com algumas limitações. Além das quantidades adicionadas não poderem ser muito elevadas, há diferenças entre a adição de *grits* e de *dregs*. Os primeiros apresentam um bom desempenho como aditivo se os sulfatos que o constituem foram controlados e os cloretos reduzidos e os últimos apenas podem ser utilizados de forma condicionada pela sua quantidade de humidade e pela possibilidade de causar emissões de dióxido de enxofre (Castro *et al.*, 2009; Modolo *et al.*, 2009; Garcia & Sousa-Coutinho, 2010). Foram ainda identificadas na pesquisa outras possibilidades de valorização destes resíduos, nomeadamente a utilização em processos de alcalinização e estabilização de outros resíduos, produção de cerâmica estrutural (tijolos, telhas e blocos) e compostagem (Matias, 2012).

### **Proposta preliminar apresentada à Reginacork**

Na Tabela 6.10 estão definidos os resíduos que fazem parte da proposta apresentada à Reginacork e a sua respetiva avaliação pelo colaborador entrevistado.

**Tabela 6.10 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Reginacork**

Código LER	Designação do Resíduo	Proposta avaliada positivamente pela empresa
<b>02 01 03</b>	Resíduos de tecidos vegetais (i.e. troncos, ramagens e folhagens)	Sim
<b>03 01 01</b>	Resíduos do descasque de madeira e de cortiça)	Sim
<b>03 01 05</b>	Serradura, aparas, fitas de aplainamento, madeira, aglomerados e folheados não abrangidos e 03 01 04	Não
<b>03 03 01</b>	Resíduos do descasque de madeira e resíduos de madeira	Não
<b>20 01 38</b>	Madeira não abrangida em 20 01 37	Não
<b>20 02 01</b>	Resíduos biodegradáveis (i.e. madeiras, troncos, ramagens e folhagens)	Não

Quanto à entrevista à Reginacork, antes de mais importa referir que a empresa trabalha com um subproduto, utilizando o descasque da madeira quer das árvores mortas, quer restos de podas. Dos códigos LER apresentados, identificou-se o 02 01 03 como sendo uma possibilidade de simbiose. Atualmente a empresa está a estudar a implementação dos resíduos de tecidos vegetais sob a forma de *pellets* para valorização energética, como alternativa à utilização de gás natural ou carvão. Terá de haver um estudo para identificar se os *pellets* constituem uma boa opção para a cimenteira mas estes podem efetivamente constituir um novo ponto de ligação. Relativamente aos restantes códigos apresentados, verifica-se que o 03 01 01 já é enviado atualmente para a Secil e os 03 01 05, 03 03 01, 20 01 38 e 20 02 21 não são produzidos.

### **Proposta preliminar apresentada à Safetykleen**

A Tabela 6.11 apresenta os resíduos identificados como podendo constituir novas simbioses com a Secil. Embora a Safetykleen seja uma empresa de gestão de resíduos, esta proposta foi apresentada no âmbito da possibilidade de simbiose pois, como a Safetykleen faz maioritariamente a armazenagem temporária dos resíduos e depois os envia para valorização, a cimenteira poderia ser um destino adequado. Já o percurso contrário de resíduos seria considerado no âmbito da gestão de resíduos, situação que é descrita mais à frente.

**Tabela 6.11 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Safetykleen**

Código Ler	Designação do Resíduo	Proposta avaliada positivamente pela empresa
<b>07 02 13</b>	Resíduos de plásticos	Sim
<b>07 02 17</b>	Resíduos contendo silicones	Sim
<b>10 01 01</b>	Cinzas, escórias e poeiras de caldeiras	Sim
<b>10 01 02</b>	Cinzas volantes da combustão de carvão	Sim
<b>12 01 01</b>	Aparas e limalhas de metais ferrosos	Sim
<b>12 01 05</b>	Aparas de matérias plásticas	Sim
<b>13 02 05*</b>	Óleos minerais não clorados de motores, transmissão e lubrificação	Não
<b>13 05 02*</b>	Lamas provenientes dos separadores de óleos/água(a)	Não
<b>13 05 07*</b>	Águas com óleo proveniente dos separadores de óleos/água(a)	Não
<b>14 06 03*</b>	Álcool Etílico Desnaturado(a) (outros solventes e mistura de solventes)	Sim
<b>15 01 02</b>	Embalagens de plástico	Sim
<b>15 01 03</b>	Embalagens de madeira	Sim
<b>15 02 02*</b>	Trapos, desperdícios e absorventes contaminados com hidrocarbonetos(a)	Sim
<b>20 01 38</b>	Madeira não abrangida em 20 01 37	Sim

De todos os resíduos apresentados, apenas aqueles que contêm óleos não poderão ser recebidos pela Safetykleen por imposição da SOGILUB (Sociedade de Gestão Integrada de Óleos Lubrificantes Usados) que apenas entregou a concessão para receção de óleos no norte do país. Estes são os resíduos com código LER 13 02 05\*, 13 05 02\* e 13 05 07\*. Todos os outros resíduos podem ser enviados para a Secil que faz a sua valorização, constituindo novos pontos de ligação.

### **Proposta preliminar apresentada à Sopac**

Na Tabela 6.12 são apresentados os resíduos apresentados na proposta à Sopac e a sua avaliação qualitativa.

**Tabela 6.12 - Proposta preliminar de simbiose apresentada à Sopac**

Código Ler	Designação do Resíduo	Proposta avaliada positivamente pela empresa
<b>05 01 03*</b>	Lamas de fundo dos depósitos	Não
<b>05 01 06*</b>	Lamas contendo hidrocarbonetos provenientes de operações de manutenção das instalações ou equipamentos	Não
<b>10 02 08</b>	Resíduos sólidos do tratamento de gases, não abrangidos em 10 02 07 (não contendo substâncias perigosas)	Não
<b>10 12 05</b>	Lamas e bolos de filtração do tratamento de gases	Não
<b>10 13 13</b>	Resíduos sólidos do tratamento de gases não abrangidos em 10 13 12 (não contendo substâncias perigosas)	Não
<b>19 02 05*</b>	Lamas de tratamento físico-químico contendo substâncias perigosas	Não
<b>19 02 06</b>	Lamas de tratamento físico-químico	Não
<b>19 02 11*</b>	Outros resíduos contendo substâncias perigosas	Sim com reservas
<b>19 12 09</b>	Substâncias minerais	Não

Os resíduos 05 01 03\* e 05 01 06\* não são produzidos, uma vez que a empresa trabalha com gás natural e por isso não há produção de hidrocarbonetos. Em relação aos resíduos 10 02 08, 10 12 05 e 10 13 13, estes são valorizados internamente, sendo incorporados no próprio processo por serem quimicamente semelhantes ao próprio produto (adubo). Relativamente aos resíduos com código 19 02 05\* e 19 02 06 não são produzidos porque a empresa não realiza qualquer tratamento físico-químico. O único resíduo que poderá constituir uma nova ligação será o 19 02 11\* que embora não seja atualmente produzido, poderá sê-lo numa situação pontual futura e ser enviado para a Secil. O resíduo 19 12 09 é igualmente incorporado no processo.

### **Proposta preliminar apresentada à Viroc**

Na Tabela 6.13 são apresentados os resíduos que integraram a proposta apresentada à Viroc e a sua respetiva avaliação.

**Tabela 6.13 - Proposta preliminar apresentada à Viroc**

Código LER	Designação do Resíduo	Proposta avaliada positivamente pela empresa
02 01 03	Resíduos de tecidos vegetais (i.e. troncos, ramagens e folhagens)	Sim
03 01 01	Resíduos do descasque da madeira e da cortiça	Sim
03 01 05	Serradura, aparas, fitas de aplainamento, madeira, aglomerados e folheados não abrangidos e 03 01 04	Sim
03 03 01	Resíduos do descasque de madeira e resíduos de madeira	Sim
10 13 10	Resíduos do fabrico de fibrocimento não abrangidos em 10 13 09	Sim
10 13 11	Resíduos de materiais compósitos à base de cimento não abrangidos em 10 13 09 e 10 13 10	Sim
17 01 01	Betão	Não

Os resíduos 02 01 03, 03 01 01, 03 01 05 e 03 03 01 poderiam constituir novas ligações. Atualmente estes são vendidos e qualquer nova simbiose teria de permitir uma compensação económica mais vantajosa do que é praticada. Estes resíduos deverão deixar de ser vendidos quando a caldeira de biomassa, que está a ser instalada, começar a funcionar sendo que a partir daí será feita a sua valorização interna. Este é o caminho que a empresa quer seguir, sendo o seu objetivo a reincorporação total dos próprios resíduos no processo de fabrico do produto. Relativamente aos resíduos 10 13 10 e 10 13 11, já são enviados atualmente para a Secil e essa ligação deverá continuar a ser aplicada.

### **Propostas apresentadas num âmbito de gestão de resíduos**

As propostas apresentadas posteriormente estão incluídas no âmbito da gestão de resíduos que todas as empresas produtoras de qualquer tipo de resíduo deverão cumprir.

### **Proposta preliminar apresentada à Ambicare**

Na Tabela 6.14 são apresentados os resíduos da proposta apresentada à Ambicare e a avaliação do colaborador entrevistado.

**Tabela 6.14 - Proposta preliminar apresentada à Ambicare no âmbito da gestão de resíduos**

Código LER	Designação do Resíduo	Proposta avaliada positivamente pela empresa
16 02 14	Equipamento fora de uso	Não
16 06 04	Pilhas alcalinas	Não
20 01 36	Equipamento elétrico e electrónico fora de uso	Sim

Na proposta apresentada, apenas um dos resíduos poderá constituir um novo ponto de ligação com a Secil. Em relação ao resíduo 16 02 14, a empresa não faz o seu tratamento. Quanto ao 16 06 04, a empresa apenas faz o seu armazenamento e reencaminha depois para reciclagem, tendo este resíduo na licença porque junto das lâmpadas que recebia das entidades, vinham também pilhas. Portanto, quando houver produção deste resíduo na Secil recomenda-se o encaminhamento direto para uma empresa de reciclagem destes materiais.

O código 20 01 36 é muito abrangente e o único resíduo incluído que podem receber são as lâmpadas incandescentes. Neste caso, a Secil poderia enviar este resíduo para a empresa. Além destas lâmpadas recebem também as fluorescentes com um código diferente, já considerado um resíduo perigoso. Esse código é o 20 01 21\* correspondente a lâmpadas fluorescentes e de descarga contendo mercúrio, estando esta empresa licenciada a nível nacional para fazer a reciclagem destas. No último ano não houve produção deste tipo de lâmpadas, daí a sua não inclusão na proposta.

#### *Novas Possibilidades de Simbioses Futuras*

O colaborador entrevistado anunciou algumas dificuldades em valorizar o resíduo que a Ambicare gera em maior quantidade, o vidro resultante da separação dos diferentes elementos das lâmpadas. Este resíduo representa 80% do total de resíduos da empresa e não é aceite pela indústria vidreira por poder possuir algumas contaminações por metais e/ou plásticos. Sendo o vidro constituído por areia (silício), poderá ser estudada a incorporação de vidro ou pé de vidro no cimento.

Após a análise dos códigos LER da licença ambiental da Secil (APA, 2014) e da lista geral de resíduos, identificaram-se algumas possibilidades para este tipo de resíduo. Este fará parte do grupo de resíduos 19 12 – Resíduos do tratamento mecânico de resíduos (por exemplo, triagem, trituração, compactação, peletização) – e poderá ser encaminhado para a Secil se for caracterizado como 19 12 09 – Substâncias minerais (por exemplo areia ou rochas) - ou ainda 19 12 12 – Outros resíduos (incluindo misturas de materiais) do tratamento mecânico de resíduos, que não contenham substâncias perigosas. Já a possibilidade de LER 19 12 05 não se encontra na licença ambiental da Secil.

Após uma pesquisa, foi recolhida informação sobre a incorporação deste resíduo em cimento Portland (produzido na Secil) e derivados do cimento como argamassas ou betão. O uso em argamassas e betão traria vantagens tanto ambientais como económicas ao reduzir a quantidade de energia necessária à sua produção. Estes resíduos seriam utilizados em substituição do próprio cimento e não no seu processo de fabrico (Oliveira *et al.*, 2015). Descobriu-se ainda que o pó de vidro possui características pozolânicas, ou seja, na presença de água demonstra características cimentícias, contribuindo para a boa qualidade dos derivados do cimento (Paris *et al.*, 2016; Kamali & Ghahremaninezhad, 2015). Assim, a incorporação deste resíduo no processo de fabrico da fábrica Secil-Outão não seria viável e por isso não foi considerado para os resultados finais, mas poderá ser uma solução para por exemplo, empresas associadas ao grupo como a Secil Argamassas ou a Secil Prebetão.



### **Proposta preliminar apresentada à Safetykleen**

Na Tabela 6.15 são apresentados os resíduos identificados numa ótica de gestão de resíduos e a sua avaliação individual pela empresa.

**Tabela 6.15 - Proposta preliminar apresentada à Safetykleen no âmbito da gestão de resíduos**

Código LER	Designação do Resíduo	Proposta avaliada positivamente pela empresa
<b>08 01 11*</b>	Resíduos de tintas	Sim
<b>08 03 17*</b>	Resíduos de tonner de impressão contendo substâncias perigosas	Sim
<b>12 03 01*</b>	Líquidos de lavagem com hidrocarbonetos	Não
<b>13 01 13*</b>	Outros óleos hidráulicos	Não
<b>13 02 05*</b>	Óleos minerais não clorados de motores, transmissões e lubrificação	Não
<b>13 05 02*</b>	Lamas provenientes dos separadores óleo/água	Não
<b>13 05 07*</b>	Água com óleo proveniente dos separadores óleo/água	Não
<b>14 06 03*</b>	Solventes e mistura de solventes	Sim
<b>15 01 03</b>	Madeiras	Sim
<b>15 01 10*</b>	Embalagens contaminadas	Sim
<b>15 01 11*</b>	Embalagens metálicas (sprays)	Sim
<b>15 02 02*</b>	Absorventes e materiais filtrantes contaminados	Sim
<b>16 01 07*</b>	Filtros de óleo	Sim
<b>16 01 99</b>	Cintas transportadoras de borracha	Sim
<b>16 02 14</b>	Equipamento fora de uso (REEE)	Sim
<b>20 01 01</b>	Papel e cartão	Não
<b>20 01 21*</b>	Lâmpadas fluorescentes	Sim
<b>20 01 33*</b>	Mistura de pilhas e acumuladores	Sim
<b>20 01 36</b>	Equipamento elétrico e electrónico fora de uso	Sim
<b>20 01 40</b>	Mistura de Metais	Sim

A partir dos dados apresentados, verifica-se que os resíduos de óleos não poderão ser recebidos devido às restrições aplicadas pela SOGILUB, já abordadas anteriormente. Estes estão definidos pelos LER 12 03 01\*, 13 01 13\*, 13 02 05\*, 13 05 02\* e 13 05 07\*. Já o resíduo 20 01 01 é atualmente enviado diretamente para uma empresa de reciclagem e por isso não é vantajoso o envio para um intermediário que apenas poderá fazer o seu armazenamento. Todos os outros resíduos apresentados podem constituir novos pontos de ligação.

Após a descrição dos resultados das entrevistas realizadas, apresenta-se na Tabela 6.16 uma síntese das pontes de ligação identificadas, organizadas por empresa.

Tabela 6.16 - Resumo das pontes de ligação identificadas por código LER e por CAE (Código de Atividades Económicas) de cada empresa

Empresa/ Código LER	Ambicare 33140 - Reparação e manutenção de equipamento elétrico	Autoeuropa 29100 - Fabricação de veículos automóveis	Lisnave 33150 - Reparação e manutenção de embarcações	Parmalat 0510 - Indústrias do leite e derivados; 10320 - Fabricação de sumos de frutos e de produtos hortícolas	The Navigator Company 17120 - Fabricação de papel e de cartão (excepto canelado)	Reginacork 16293 - Indústria de preparação da cortiça	Safetykleen 38120 - Recolha de resíduos perigosos	Sopac 20151 - Fabricação de adubos químicos ou minerais e de compostos azotados	Viroc 16211 - Fabricação de painéis de partículas de madeira
01 04 09					→				
02 01 03						→			→
02 01 04		→							
02 04 02					→				
02 07 04				→					
03 01 01						→			→
03 01 05						→			→
03 03 01					→	→			→
03 03 07					→				
03 03 08					→				
03 03 09					→				
03 03 10					→				
05 01 03*								→	
05 01 06*		→						→	
07 01 99					→				
07 02 13							→		
07 02 17							→		
08 01 11*							←		
08 03 17*							←		
10 01 01				→	→		→		
10 01 02					→		→		

**Tabela 6.16 (Cont.) - Resumo das pontes de ligação identificadas por código LER e por CAE (Código de Atividades Económicas) de cada empresa**

Empresa/ Código LER	Ambicare 33140 - Reparação e manutenção de equipamento elétrico	Autoeuropa 29100 - Fabricação de veículos automóveis	Lisnave 33150 - Reparação e manutenção de embarcações	Parmalat 0510 - Indústrias do leite e derivados; 10320 - Fabricação de sumos de frutos e de produtos hortícolas	The Navigator Company 17120 - Fabricação de papel e de cartão (excepto canelado)	Reginacork 16293 - Indústria de preparação da cortiça	Safetykleen 38120 - Recolha de resíduos perigosos	Sopac 20151 - Fabricação de adubos químicos ou minerais e de compostos azotados	Viroc 16211 - Fabricação de painéis de partículas de madeira
10 01 03					→				
10 02 08								→	
10 12 05					→			→	
10 12 13		→							
10 13 04					→				
10 13 10									→
10 13 11									→
10 13 13			→	→	→			→	
12 01 01		→	→				→		
12 01 02		→	→	→					
12 01 05							→		
12 01 13		→	→						
12 01 17		←	→						
12 03 01*							←		
13 01 13*							←		
13 02 05*		→					←		
13 05 02*		→					←		
13 05 07*							←		
13 08 99*		→							
14 06 03*							←		
15 01 02				→			→		
15 01 03		→		→			←		
15 01 10*							←		
15 01 11*							←		
15 02 02*		→		→			←		

**Tabela 6.16 (Cont.) - Resumo das pontes de ligação identificadas por código LER e por CAE (Código de Atividades Económicas) de cada empresa**

Empresa/ Código LER	Ambicare 33140 - Reparação e manutenção de equipamento elétrico	Autoeuropa 29100 - Fabricação de veículos automóveis	Lisnave 33150 - Reparação e manutenção de embarcações	Parmalat 0510 - Indústrias do leite e derivados; 10320 - Fabricação de sumos de frutos e de produtos hortícolas	The Navigator Company 17120 - Fabricação de papel e de cartão (excepto canelado)	Reginacork 16293 - Indústria de preparação da cortiça	Safetykleen 38120 - Recolha de resíduos perigosos	Sopac 20151 - Fabricação de adubos químicos ou minerais e de compostos azotados	Viroc 16211 - Fabricação de painéis de partículas de madeira
16 01 07*							←		
16 01 99							←		
16 02 14	←						←		
16 06 04	←								
17 01 01									→
17 04 05		←							
17 04 07		←							
17 05 04					→				
19 01 14					→				
19 01 16					→				
19 02 05*								→	
19 02 06		→	→					→	
19 02 11*								→	
19 08 13*		→							
19 08 14		→			→				
19 09 01		→							
19 09 02		→							
19 12 09								→	
20 01 01							←		
20 01 21*							←		
20 01 33*							←		
20 01 36	←						←		
20 01 38				→		→	→		
20 01 40							←		
20 02 01						→			
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>2</b>



O resíduo representa uma possível ligação à Secil



O resíduo poderá representar uma possível ligação à Secil mas são demonstradas algumas reservas



O resíduo não representa uma possível ligação à Secil

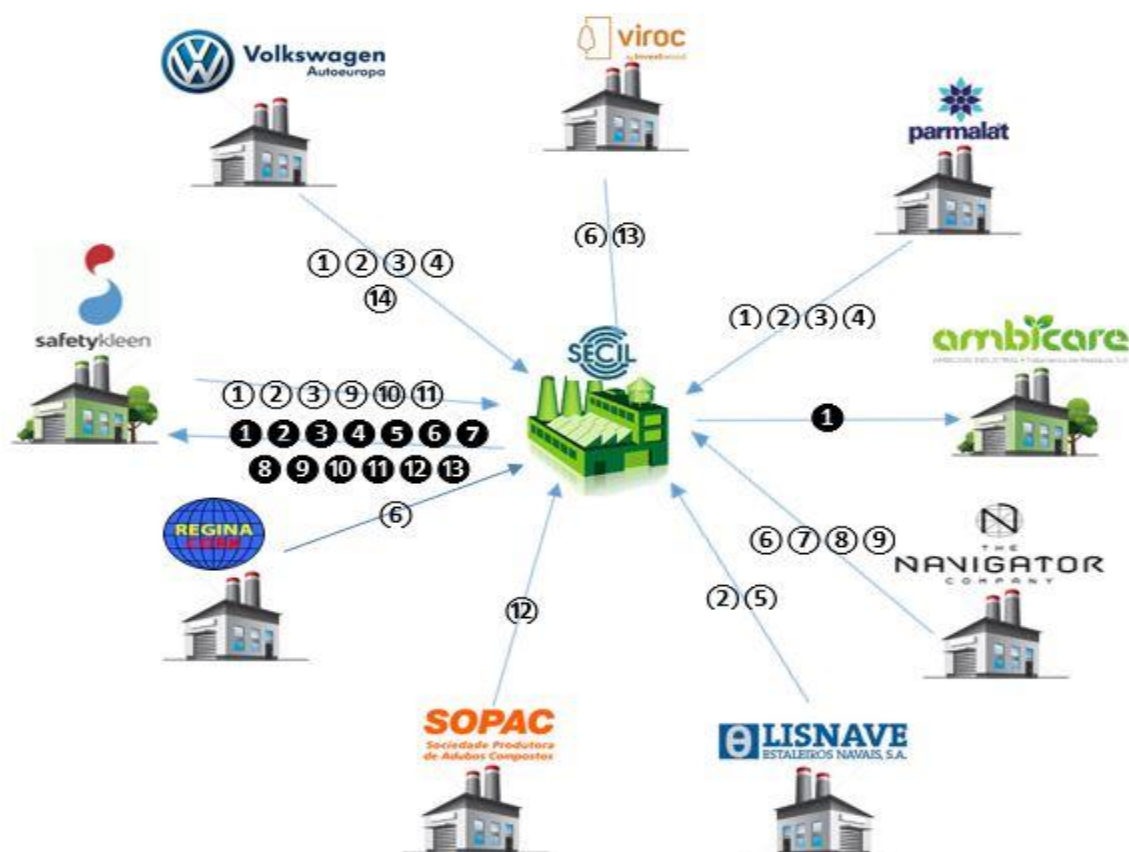


O resíduo poderá seguir da empresa em questão para a Secil



O resíduo poderá seguir da Secil para a empresa em questão

Seguidamente, apresenta-se a Figura 6.10 que ilustra os resíduos identificados como possibilidade de ligação com a Secil, já com a distinção de âmbitos. A numeração com fundo branco (e.g. ①) é característica de ligações num âmbito de simbiose industrial, em que os resíduos são produzidos na empresa entrevistada e o seu destino será a Secil. Já a numeração com fundo negro (e.g. ❶) é característica de ligações no âmbito da gestão de resíduos, em que estes são produzidos na cimenteira e seguem para empresas dessa mesma área de atividade. A Tabela 6.17 apresenta a legenda da figura, fazendo a correspondência entre a numeração aplicada e a denominação comum do resíduo.



Resíduos que a Secil poderá receber	Resíduos que a Secil poderá enviar
① Plástico	❶ Lâmpadas
② Metais Ferrosos	❷ Tonners de impressão
③ Embalagens de madeira	❸ Solventes
④ Absorventes e materiais filtrantes	❹ Embalagens de Madeira
⑤ Granalha	❺ Embalagens contaminadas
⑥ Biomassa	❻ Embalagens de metal sob pressão
⑦ Lamas de cal	❼ Absorventes e Materiais Filtrantes
⑧ Rejeitados de fibras	❽ Filtros de óleo
⑨ Cinzas e poeiras de caldeiras	❾ Equipamento fora de uso
⑩ Silicones	❿ Pilhas e acumuladores
⑪ Cinzas de carvão	⓫ Tintas e Vernizes
⑫ Resíduos com substâncias perigosas	⓬ Equipamento elétrico e eletrónico
⑬ Resíduos à base de cimento	⓭ Metais
⑭ Lamas de tratamento de águas	

Figura 6.10 - Simbioses identificadas com as entrevistas às empresas

### 6.3 Seleção de Alternativas

Após a realização das entrevistas às empresas identificadas como podendo constituir novas simbioses industriais, realizou-se uma entrevista a uma colaboradora do Departamento de Qualidade, Ambiente e Segurança da fábrica Secil-Outão. Esta entrevista teve como objetivo apresentar os resultados a que se chegou e analisar a possibilidade de incorporar os resíduos identificados no processo de fabrico da fábrica. Esta ferramenta foi utilizada como forma de hierarquização de modo preliminar das alternativas apresentadas. Esta avaliação é qualitativa, baseada num conjunto de práticas e premissas que não dispensam uma avaliação quantitativa formal numa iteração posterior.

O conceito de ecossistema industrial é já conhecido pela entrevistada, que identifica como grande vantagem a possibilidade de criar simbioses industriais com o objetivo de minimizar o uso de recursos naturais e potenciar materiais, resíduos ou subprodutos, de outras indústrias. Embora existam estas potenciais vantagens, foram também identificados entraves à troca de resíduos entre empresas. Estes prendem-se sobretudo com os custos associados ao transporte, bem como o custo de pré-tratamento, preparação e de operação de alguns materiais. Estes custos subsistem devido à impossibilidade de receber os materiais e incorporá-los diretamente no processo, com o risco de afetar a qualidade do produto final. É ainda identificada uma oportunidade de melhoria na área da gestão de resíduos, nomeadamente a comunicação entre empresas, que deveria ser mais eficiente com vista ao aumento da cooperação e identificação de novas oportunidades.

De seguida foi apresentada a lista final de resíduos identificados nas empresas e foi solicitado à entrevistada uma avaliação de cada resíduo numa escala qualitativa de 1 a 3 em termo de ganhos ambientais e custos ou proveitos para a Secil. A avaliação formal nestes moldes poderia ser efetuada através da aplicação da ferramenta de Análise do Ciclo de Vida no caso dos ganhos ambientais, de modo garantir a consideração de todos os parâmetros necessários. Já no caso da avaliação quanto a custo ou proveito para a cimenteira, poderia ser utilizada a ferramenta de Análise Custo-Benefício.




A Secil tem como principais princípios Reduzir, Reutilizar e Reciclar, sendo assim os resíduos das empresas apresentadas cujo destino seja atualmente reciclagem foram eliminados. Na fábrica esses resíduos destinavam-se a valorização energética e tinham inerentes os custos de pré-tratamento e transporte. Devido a este facto, estes casos não constituem uma ligação valorosa. Existem ainda resíduos identificados como tendo um fluxo muito baixo de produção e por isso não seria rentável o seu tratamento e transporte.

Em termos de ganhos ambientais a avaliação efetuada teve como bases a importância dos resíduos que constituem combustíveis alternativos e a necessidade que a Secil tem de receber granalha usada, pois esta constitui a fonte de óxido de ferro necessária ao processo de fabrico. Assim, a todos os combustíveis alternativos apresentados foi dado o nível máximo de “três”, à granalha usada foi dada a classificação “dois” e aos restantes resíduos ou subprodutos que constituem matérias-primas secundárias ou aditivos foi dada a classificação de “um”.

### 6.3.1 Combustíveis Alternativos

Os combustíveis alternativos identificados foram organizados por código LER e apresentados nas Tabelas 6.17 a 6.23.

**Tabela 6.17 - Combustíveis alternativos de código LER 02 identificados como possibilidade de constituir simbiose**







Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/ Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>02 01</b>	Resíduos da agricultura, horticultura, aquacultura silvicultura, caça e pesca			---		
<b>02 01 03</b>	Resíduos de tecidos vegetais	Reginacork	A empresa está a estudar a implementação dos resíduos de tecidos vegetais sob a forma de <i>pellets</i> para valorização energética	3	Custo	
		Viroc	Atualmente estes são vendidos para valorização energética	3	Custo	
<b>02 01 04</b>	Resíduos de plásticos (excluindo embalagens)	Autoeuropa	É enviado para uma empresa que faz a sua reutilização.	3	Proveito	

Do grupo de código LER 02 01 apresentado na Tabela 6.18, verificam-se diferentes situações. Para o subproduto 02 01 03 proveniente da Reginacork e Viroc, foi identificada uma nova possibilidade de simbiose. É de realçar que este material deixou de ser considerado resíduo após a alteração e republicação do Decreto-lei n.º 178/2006, de 5 de setembro pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho (Regime Geral de Gestão de Resíduos - RGGR), que estabelece requisitos para que alguns materiais resultantes de um processo de fabrico possam ser considerados subprodutos e não resíduos (APA, 2016). Este facto permite uma simplificação da burocracia associada ao tratamento e transporte de um resíduo. Relativamente à ligação à Reginacork, está a ser posta em prática uma nova forma de valorizar estes subprodutos, através da sua transformação em *pellets*. Estes irão ser utilizados para valorização energética, substituindo os combustíveis carvão, gás natural ou petróleo. Já quanto à Viroc, esta vende atualmente estes subprodutos e poderá enviar para a Secil se for mais rentável. Para estes terá de ser feito um estudo de rentabilidade, tendo em conta que seriam resíduos com custo para a cimenteira.



O resíduo com código LER 02 01 04 não constitui uma nova oportunidade de simbiose, pois é atualmente enviado para uma empresa que faz a sua reutilização. Sendo assim, de acordo com as bases de avaliação anunciadas anteriormente, este foi excluído.

**Tabela 6.18 - Combustíveis alternativos de código LER 03 identificados como possibilidade de constituir simbiose**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/ Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>03 01</b>	Resíduos do processamento de madeira e fabrico de painéis e mobiliário			---		
<b>03 01 01</b>	Resíduos do descasque de madeira e de cortiça	Reginacork	Enviado atualmente para a Secil	3	Custo	
		Viroc	Atualmente estes são vendidos	3	Custo	
<b>03 01 05</b>	Serradura, aparas, fitas de aplainamento, madeira, aglomerados e folheados não abrangidos (não contendo substâncias perigosas)	Viroc	Atualmente estes são vendidos	3	Custo	
<b>03 03</b>	Resíduos da produção e da transformação de pasta para papel, papel e cartão			---		
<b>03 03 01</b>	Resíduos do descasque de madeira e resíduos de madeira	The Navigator Company	Valorização energética na cimenteira	3	Custo	
		Viroc	São vendidos	3	Custo	
<b>03 03 10</b>	Rejeitados de fibras e lamas de fibras, fillers e revestimentos, provenientes da separação mecânica	The Navigator Company	Aparas de madeira que não cozem no digestor da fábrica; Elevada produção; Valorização energética na Secil.	3	Proveito	

Na Tabela 6.19 referente a resíduos e subprodutos de código LER 03, todos os materiais apresentados foram identificados como tendo possibilidade de simbiose com a Secil. O subproduto 03 03 01 proveniente da Reginacork já é atualmente enviado para a cimenteira para valorização energética e essa ligação deve continuar. Quanto ao que provém da Viroc, este é atualmente vendido, podendo ser enviado para a Secil consoante a rentabilidade que apresenta. O subproduto 03 01 05 também da Viroc encontra-se nas mesmas condições.



Relativamente ao subproduto 03 03 01, este poderá ser enviado da The Navigator Company e da Viroc e terá um custo para a Secil. Finalmente, o resíduo 03 03 10 poderá constituir também uma possibilidade de ligação. Este resíduo é constituído por aparas de madeira que não são aproveitadas no processo de fabrico da The Navigator Company e é produzido em grandes quantidades. Este resíduo teria ainda um proveito para a Secil, sendo que esta oportunidade deve ser tida em conta e estudada a sua implementação pela cimenteira.

**tabela 6.19 - Combustíveis alternativos de código LER 12 identificados como possibilidade de constituir simbiose**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/ Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>12 01</b>	Resíduos da moldagem e tratamento físico/ mecânico de superfície de metais e plásticos			---		
<b>12 01 05</b>	Aparas de matérias plásticas	Safetykleen	Poderiam seguir para a Secil para valorização energética.	3	Proveito	







A Tabela 6.20 apresenta o resíduo de código LER 12 01 05 criado pela Safetykleen, que pode constituir uma nova possibilidade de ligação. Este pode ser utilizado para valorização energética e terá um proveito associado para a cimenteira.

**Tabela 6.20 - Combustíveis alternativos de código LER 13 identificados como possibilidade de constituir simbiose**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/ Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>13 02</b>	Óleos de motores, transmissões e lubrificação usados			---		
<b>13 02 05*</b>	Óleos minerais não clorados de motores, transmissões e lubrificação	Autoeuropa	São enviados para reciclagem.	3	Proveito	
<b>13 05</b>	Conteúdo de separadores óleo/água			---		
<b>13 05 02*</b>	Lamas provenientes dos separadores óleo/água	Autoeuropa	São enviados para reciclagem.	3	Proveito	

Os resíduos da Tabela 6.21, com códigos 13 02 05\* e 13 05 02\* provenientes da Autoeuropa não foram considerados por já terem atualmente uma valorização através da reciclagem por uma empresa certificada.




**Tabela 6.21 - Combustíveis alternativos de código LER 15 identificados como possibilidade de constituir simbiose**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/ Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>15 01</b>	Embalagens (incluindo resíduos urbanos e equiparados de embalagens, recolhidos separadamente)			---		
<b>15 01 02</b>	Embalagens de plástico	Parmalat	Enviado para empresa de reciclagem.	3	Custo	
		Safetykleen	A prioridade deve ser o envio para reciclagem.	3	Custo	
<b>15 01 03</b>	Embalagens de madeira	Autoeuropa	Atualmente estes são vendidos.	3	Custo	
		Parmalat	Parceria com empresa que faz a gestão sem encargos.  Produção de 50 t/ ano; Valorização energética.	3	Custo	
<b>15 02</b>	Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção			---		
<b>15 02 02*</b>	Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção, contaminados por substâncias perigosas	Autoeuropa	Valorização energética.	3	Proveito	
		Parmalat	Produção elevada; Valorização energética; Terá de ser separado.	3	Proveito	

Quanto à Tabela 6.22, os resíduos com código LER 15 01 02 com proveniência da Parmalat e Safetykleen, não foram considerados como possibilidade de simbiose. A Parmalat já faz atualmente o seu envio para uma empresa de reciclagem, sendo que também a Safetykleen deve enviar este resíduo para reciclagem, o seu destino mais valorizável. O resíduo 15 01 03 constitui uma boa possibilidade de simbiose com a cimenteira. O total que a Autoeuropa produz é vendido atualmente. Já a Parmalat tem uma parceria com uma empresa que faz a gestão deste resíduo, libertando a Parmalat de qualquer encargo mas não tendo também uma valorização económica. Esta pode ser uma oportunidade de nova ligação a ser estudada pela Secil, pois a produção anual ascende às 50 toneladas e por isso pode ser rentável esta parceria.


Já o resíduo 15 02 02\*, considerado perigoso, pode ser enviado pela Autoeuropa com proveito económico para a Secil. O produzido pela Parmalat possui entraves à possibilidade de simbiose pois é produzido em quantidades muito reduzidas e atualmente não é separado pois a empresa envia todos os seus resíduos perigosos para um só operador. Essa separação seria difícil e há muitas dúvidas quanto à rentabilidade do envio para a cimenteira.

**Tabela 6.22 - Combustíveis alternativos de código LER 19 identificados como possibilidade de constituir simbiose**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/ Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>19 02</b>	Resíduos de tratamentos físico-químicos de resíduos			---		
<b>19 02 11*</b>	Outros resíduos contendo substâncias perigosas	Sopac	Não é atualmente produzido, mas poderá sê-lo no futuro em situações pontuais e ser enviado para a Secil.	3	Proveito	
<b>19 08</b>	Resíduos de estações de tratamento de águas residuais não			---		
<b>19 08 13*</b>	Lamas de outros tratamentos de águas residuais industriais contendo substâncias perigosas	Autoeuropa	Constitui uma ligação com a Secil que recentemente e foi posta em prática com sucesso e deverá continuar.	3	Proveito	
<b>19 09</b>	Resíduos do tratamento de água para consumo humano ou de água para consumo industrial			---		
<b>19 09 01</b>	Resíduos sólidos de gradagens e filtração primária	Autoeuropa	Pode seguir para a Secil para valorização energética.	3	Proveito	

Na Tabela 6.23, são apresentados os resíduos com código Ler 19. Nesta são identificados diferentes resíduos com diferentes possibilidades de simbiose. O resíduo 19 02 11\* não foi considerado pois embora a Sopac admita que poderá ser produzido em situações pontuais, este não é atualmente gerado. Já os resíduos 19 08 13\* e 19 09 01, provenientes da Autoeuropa, constituem novas possibilidades de simbiose. O primeiro constitui uma nova ligação posta em prática recentemente e deve continuar, sendo que o último poderá ser enviado para a Secil para valorização energética após um estudo de rentabilidade.

**Tabela 6.23 – Combustíveis alternativos de código LER 20 identificados como possibilidade de constituir simbiose**


Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>20 01</b>	Frações recolhidas seletivamente (exceto 15 01)			--		
<b>20 01 38</b>	Madeira não abrangida em 20 01 37 – não contendo substâncias perigosas	Safetykleen	Pode ser enviado para valorização energética.	3	Custo	

A tabela 6.24, referente aos resíduos com código LER 20, apresenta uma nova possibilidade de simbiose representada pelo código 20 01 38. Este é um material que a Safetykleen recebe e poderia ser enviado para a Secil consoante uma compensação económica.

### 6.3.2 Matérias-primas secundárias e aditivos para o cimento




Os resíduos que constituem matérias-primas secundárias e aditivos para o cimento são apresentados nas Tabelas 6.24 à 6.26.

**Tabela 6.24 - Matérias-primas secundárias de código LER 03 identificadas como possibilidade de constituir simbiose**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>03 03</b>	Resíduos da produção e da transformação de pasta para papel, papel e cartão			---		
<b>03 03 09</b>	Resíduos de lamas de cal	The Navigator Company	Já é enviado para a Secil; Valorização material; Produção esporádica.	1	Proveito	



A Tabela 6.25 representa um resíduo de código LER 03 03 09 que constitui uma ligação atualmente que deve ser continuada. Este resíduo é produzido esporadicamente na The Navigator Company e é enviado para a Secil com proveito económico para a cimenteira. Constitui uma matéria-prima secundária, podendo ser utilizado para substituição de marga no processo produtivo.

**Tabela 6.25 - Matérias-primas secundárias de código LER 10 identificadas como possibilidade de constituir simbiose**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/ Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>10 01</b>	Resíduos de centrais eléctricas e de outras instalações de combustão			---		
<b>10 01 01</b>	Cinzas, escórias e poeiras de caldeiras (excluindo as poeiras de caldeiras abrangidas em 10 01 04)	The Navigator Company	Produzido em grande quantidade; Não se consegue reintroduzir no próprio processo e há produção contínua do mesmo; Já foi feita a ligação mas por pouco tempo, pois surgiram problemas; Poderá ser feito novo estudo.	1	Proveito	
		Safetykleen	Poderá ser enviado para a Secil para valorização material.	1	Proveito	
<b>10 01 02</b>	Cinzas volantes da combustão de carvão	Safetykleen	Pode ser enviado para valorização material.	1	Proveito	








**Tabela 6.25 (Cont.) - Matérias-primas secundárias de código LER 10 identificadas como possibilidade de constituir simbiose**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/ Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>10 13</b>	Resíduos do fabrico de cimento, cal e gesso e de artigos e produtos fabricados a partir deles			---		
<b>10 13 10</b>	Resíduos do fabrico de fibrocimento não abrangidos em 10 13 09 – não contendo amianto	Viroc	Já são enviados para a Secil; Valorização material	1	Proveito	
<b>10 13 11</b>	Resíduos de materiais compósitos à base de cimento não abrangidos em 10 13 09 e 10 13 10	Viroc	Já são enviados para a Secil; Valorização material	1	Proveito	



Na Tabela 6.26, são apresentados os resíduos de código LER 10. O primeiro resíduo a ser analisado será com o código 10 01 01. O que provém da The Navigator Company pode ser considerado uma boa possibilidade de nova simbiose. Este resíduo é produzido em grandes quantidades, tem uma produção contínua e a empresa não a consegue reintroduzir no seu próprio processo. Este resíduo já foi enviado para a Secil há anos atrás mas surgiram alguns problemas. Deve haver um novo estudo de possibilidade de incorporação deste resíduo no processo produtivo da Secil, pois esta seria uma importante oportunidade de valorizar esta matéria-prima secundária que poderá permitir a substituição de cru. Já o mesmo resíduo e o 10 01 02 provenientes da Safetykleen podem também constituir uma nova possibilidade de simbiose com vista à sua valorização material.

Os resíduos com código LER 10 13 10 e 10 13 11, provenientes da Viroc já são enviados atualmente para a Secil para valorização material. Estas matérias-primas secundárias podem permitir a substituição de marga ou de cru, consoante a sua constituição e esta ligação deverá ser continuada.

**Tabela 6.26 - Matérias-primas secundárias de código LER 12 identificadas como possibilidade de constituir simbiose**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/ Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
12 01	Resíduos da moldagem e tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos			---		
12 01 01	Aparas e limalhas de metais ferrosos	Autoeuropa	Atualmente, são vendidos.  Poderiam seguir para a Secil para valorização material.	1	Custo	
		Lisnave	Reservas quanto à composição.  Possibilidade de seguir para a Secil para valorização material.	1	Proveito	
		Safetykleen	Poderiam seguir para a Secil para valorização material.	1	Proveito	
12 01 02	Poeiras e partículas de metais ferrosos	Autoeuropa	Atualmente, estes resíduos são vendidos.  Poderiam seguir para a Secil para valorização material.	1	Custo	
		Parmalat	Produção muito reduzida e terá de ser estudada a sua rentabilidade.	1	Proveito	

**Tabela 6.26 ( Cont) - Matérias-primas secundárias de código LER 12 identificadas como possibilidade de constituir simbiose**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Justificação	Ganhos Ambientais	Custo/ Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
12 01 13	Resíduos de soldadura	Lisnave	Enviado para aterro pois não é devidamente separado; Misturado nos contentores de RIB's com outros resíduos.  Fazer a sua separação será difícil.	1	Proveito	
12 01 17	Resíduos de materiais de granalhagem não abrangidos em 12 01 16 – não contendo substâncias perigosas	Lisnave	Está atualmente a ser enviado para a Secil.  Fonte de óxido de ferro para o processo produtivo.	2	Proveito	

Relativamente aos resíduos com código LER 12, a Tabela 6.27 apresenta os resíduos identificados. O resíduo com código 12 01 01 é produzido pela Autoeuropa, Lisnave e Safetykleen e constitui uma nova possibilidade de simbiose, pois pode ser utilizado no processo produtivo da Secil, realizando a sua valorização material como substituição de marga. Apenas a proveniente da Lisnave é proposta com algumas reservas, uma vez que há dúvidas sobre a real constituição do resíduo, situação que deve ser estudada. Atualmente a Autoeuropa faz a sua venda, por isso esta ligação teria um custo para a Secil ao contrário da proveniente da Lisnave e Safetykleen que poderiam proporcionar um proveito para a cimenteira.

Quanto ao resíduo 12 01 02, o que é produzido pela AutoEuropa é vendido atualmente sendo que a ligação com a Secil teria de ter um custo associado. É porém apresentado como uma boa possibilidade de simbiose. Já o mesmo resíduo que a Parmalat gera no seu processo não constitui uma possibilidade de simbiose, uma vez que a sua produção é residual e provavelmente a rentabilidade associada a esta ligação não será pertinente.

Já resíduo 12 01 13 poderia constituir uma boa possibilidade de nova simbiose pois pode sofrer valorização material na Secil, substituindo a marga no processo produtivo. Embora haja possibilidade de incorporar este resíduo, a Lisnave não faz a sua separação e este é atualmente enviado para aterro misturado nos contentores de RIB's. Deverá no futuro ser estudada esta hipótese, que permitiria a sua valorização e a redução de resíduos em aterros.



Quanto ao resíduo 12 01 17, constitui atualmente uma importante simbiose industrial entre a Lisnave e a Secil. Este resíduo é produzido pela Lisnave em grandes quantidades e é enviado para a

cimenteira, onde tem um papel importante no processo produtivo. Este pode ser utilizado como substituição de ferro e é uma das mais principais fontes de óxido de ferro, necessário para uma boa qualidade de produto final. Esta ligação deve ser continuada.


### 6.3.3 Resíduos propostos no âmbito da gestão de resíduos

Este capítulo difere do anterior, sendo que as Tabelas 6.27 a 6.31 representam resíduos que poderão seguir o caminho contrário aos apresentados anteriormente. Estes são produzidos pelos processos produtivos e operativos da Secil e poderão ser enviados para as duas empresas de reciclagem consideradas neste trabalho. Todos os casos apresentados constituem uma possibilidade de simbiose, numa ótica de gestão de resíduos. Sendo a Secil um produtor de grandes quantidades de resíduos e não podendo incorporar a totalidade da sua produção no próprio processo produtivo, há necessidade de os enviar para um destino o mais ambientalmente responsável possível, sendo a Safetykleen e a Ambicare dois destinos propostos.





**Tabela 6.27 - Resíduos identificados no âmbito da gestão de resíduos de código LER 08**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Custo/Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>08 01</b>	Resíduos do FFDU e remoção de tintas e vernizes		---	
<b>08 01 11*</b>	Resíduos de tintas e vernizes contendo solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas	Safetykleen	Custo	
<b>08 03</b>	Resíduos do FFDU de tintas de impressão		---	
<b>08 03 17</b>	Resíduos de tonner de impressão contendo substâncias perigosas	Safetykleen	Custo	




**Tabela 6.28 - Resíduos identificados no âmbito da gestão de resíduos de código LER 14**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Custo/Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>14 06</b>	Resíduos de solventes, fluidos de refrigeração e gases propulsores de espumas/aerossóis orgânicos		---	
<b>14 06 03*</b>	Outros solventes e misturas de solventes	Safetykleen	Custo	

**Tabela 6.29 - Resíduos identificados no âmbito da gestão de resíduos de código LER 15**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Custo/Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>15 01</b>	Embalagens (resíduos urbanos e equiparados de embalagens, recolhidos separadamente)		---	
<b>15 01 03</b>	Embalagens de madeira	Safetykleen	Proveito	
<b>15 01 10*</b>	Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	Safetykleen	Custo	
<b>15 01 11*</b>	Embalagens de metal, incluindo recipientes vazios sob pressão, com uma matriz porosa	Safetykleen	Custo	
<b>15 02</b>	Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção		---	
<b>15 02 02*</b>	Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo não anteriormente especificados), panos de limpeza e vestuário de proteção, contaminados por substâncias perigosas	Safetykleen	Custo	

**Tabela 6.30 - Resíduos identificados no âmbito da gestão de resíduos de código LER 16**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Custo/Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>16 01</b>	Veículos em fim de vida de diferentes meios de transporte e resíduos do desmantelamento de veículos em fim de vida e da manutenção de veículos		---	
<b>16 01 07*</b>	Filtros de óleo	Safetykleen	Custo	
<b>16 01 99</b>	Outros resíduos não anteriormente especificados	Safetykleen	Custo	
<b>16 02</b>	Resíduos de equipamento eléctrico e electrónico		---	
<b>16 02 14</b>	Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13 – sem amianto, Substâncias Perigosas, PCB,HCFC e HFC	Safetykleen	Custo	

**Tabela 6.31 - Resíduos identificados no âmbito da gestão de resíduos de código LER 20**

Código LER	Designação do Resíduo	Empresa	Custo/Proveito para a Secil	Possibilidade de Simbiose
<b>20 01</b>	Frações recolhidas seletivamente		---	
<b>20 01 21*</b>	Lâmpadas fluorescentes e outros resíduos contendo mercúrio	Safetykleen	Custo	
<b>20 01 33*</b>	Pilhas e acumuladores abrangidos em 16 06 01, 16 06 02 ou 16 06 03 e pilhas e acumuladores não triados contendo essas pilhas ou acumuladores	Safetykleen	Custo	
<b>20 01 36</b>	Equipamento elétrico e eletrónico fora de uso não abrangido em 20 01 21, 20 01 23 ou 20 01 35	Ambicare	Custo	
		Safetykleen	Custo	
<b>20 01 40</b>	Metais	Safetykleen	Proveito	

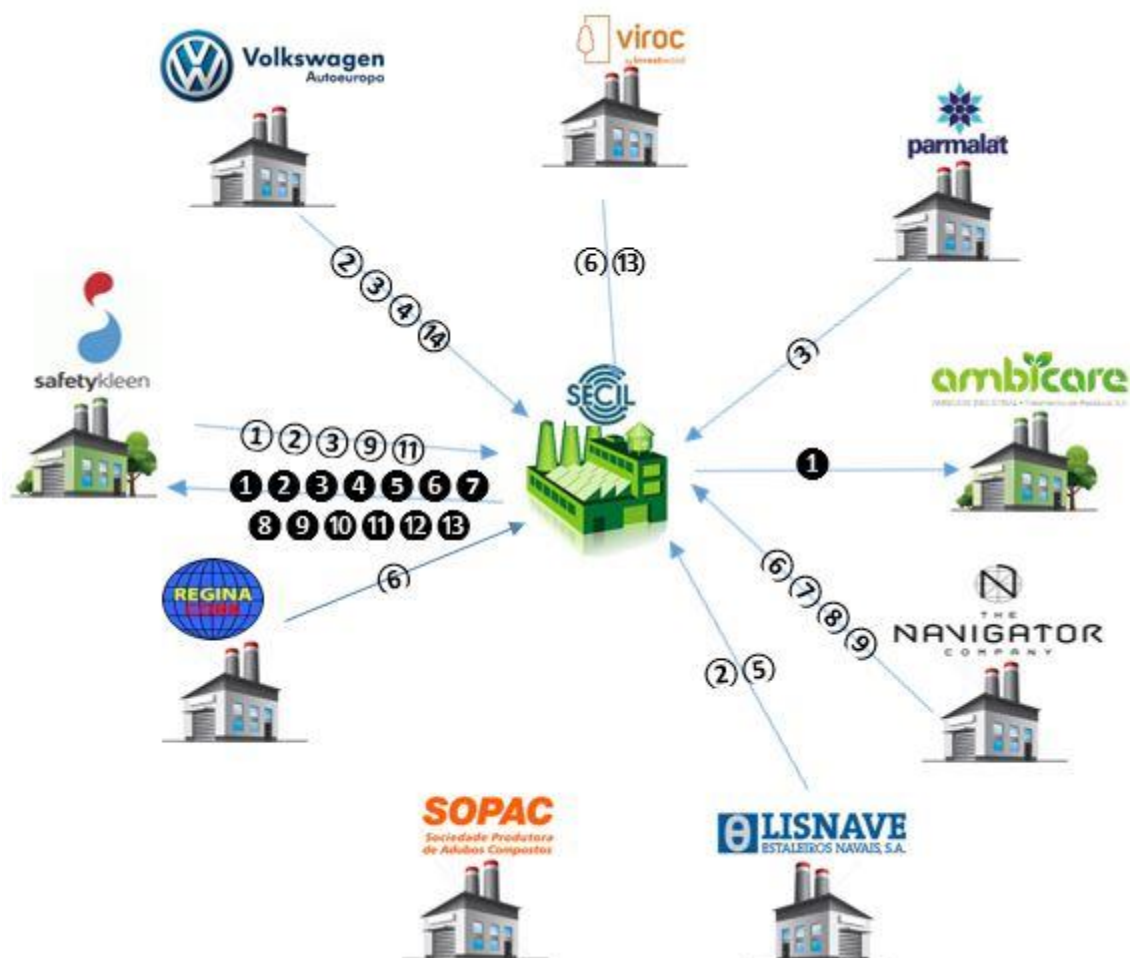
#### 6.3.4 Proposta preliminar de alternativas para a criação de simbioses

Os resíduos apresentados na Tabela 6.32 foram identificados como constituindo alternativas para a criação de simbioses com a cimenteira Secil na Fábrica Secil-Outão. Para esta lista preliminar foram consideradas todas as simbioses com avaliação positiva tanto das empresas que geram os resíduos como da Secil. Foram descartados desta proposta os resíduos que poderiam seguir da Secil para empresas de reciclagem pelo facto destas ligações serem fruto da gestão de resíduos que qualquer indústria tem de efetuar ao abrigo da legislação e da responsabilidade ambiental que as suas atividades devem promover. Todas as vantagens avançadas na tabela vão além das vantagens já conhecidas dos métodos de valorização energética, nomeadamente a redução da utilização de combustíveis fósseis e da valorização material, com a redução do uso de matérias-primas naturais.

**Tabela 6.32 - Lista preliminar identificada após a seleção de alternativas**

Código LER	Proveniência	Tipo de valorização	Vantagens	Desvantagens
02 01 03	Reginacork Viroc	Energética	---	Custo associado
03 01 01	Reginacork Viroc	Energética	---	Custo associado.
03 01 05	Viroc	Energética	---	Custo associado.
03 03 01	The Navigator Company Viroc	Energética	---	Custo associado. Custo associado.
03 03 09	The Navigator Company	Material	Permitem proveito.	Produção é esporádica.
03 03 10	The Navigator Company	Energética	Permitem proveito; Produzido em grandes quantidades.	---
10 01 01	The Navigator Company	Material	Permitem proveito; Produzido em grandes quantidades continuamente.	Já foi feita a ligação mas surgiram problemas na sua aplicação.
	Safetykleen		Permitem proveito.	---
10 01 02	Safetykleen	Material	Permitem proveito.	---
10 13 10	Viroc	Material	Permitem proveito; Já é enviado atualmente.	---
10 13 11	Viroc	Material	Permitem proveito; Já é enviado atualmente.	---
	Autoeuropa		---	Custo associado.
12 01 01	Lisnave	Material	Permitem proveito.	Reservas quanto à composição do resíduo.
	Safetykleen		Permitem proveito.	---
12 01 02	Autoeuropa	Material	---	Custo associado.
12 01 05	Safetykleen	Energética	Permitem proveito.	---
12 01 17	Lisnave	Material	Permitem proveito; Já é enviado atualmente.	---
	Autoeuropa		---	Possuem um custo associado.
15 01 03	Parmalat	Energética	Possuem parceria que faz a sua gestão sem qualquer encargo.	Possuem um custo associado.
15 02 02 *	Autoeuropa	Energética	Permitem proveito.	---
19 08 13 *	Autoeuropa	Energética	Permitem proveito; Já é enviado atualmente.	---
19 09 01	Autoeuropa	Energética	Permitem proveito.	---
20 01 38	Safetykleen	Energética	---	Custo associado.

A Figura 6.11 ilustra as possibilidades de resíduos identificados para a criação de simbioses industriais com a Secil.



Resíduos que a Secil poderá receber	Resíduos que a Secil poderá enviar
① Plástico	① Lâmpadas
② Metais Ferrosos	② Tonners de impressão
③ Embalagens de madeira	③ Solventes
④ Absorventes e materiais filtrantes	④ Embalagens de Madeira
⑤ Granalha	⑤ Embalagens contaminadas
⑥ Biomassa	⑥ Embalagens de metal sob pressão
⑦ Lamas de cal	⑦ Absorventes e Materiais Filtrantes
⑧ Rejeitados de fibras	⑧ Filtros de óleo
⑨ Cinzas e poeiras de caldeiras	⑨ Equipamento fora de uso
⑩ Silicones	⑩ Pilhas e acumuladores
⑪ Cinzas de carvão	⑪ Tintas e Vernizes
⑫ Resíduos com substâncias perigosas	⑫ Equipamento elétrico e eletrónico
⑬ Resíduos à base de cimento	⑬ Metais
⑭ Lamas de tratamento de águas	

Figura 6.11 - Propostas consolidadas de criação de simbioses, integrando os diferentes resultados obtidos ao longo da implementação do modelo proposto



## 7 Conclusões e desenvolvimentos futuros

O principal objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia para apoiar os processos de criação de ecossistemas industriais envolvendo indústrias do setor da produção de cimento. Para testar a referida metodologia procurou avaliar-se a possibilidade de criar um ecossistema industrial na zona de Setúbal.

Para responder ao principal objetivo estabeleceu-se um modelo conceptual com base na revisão de literatura, complementando a pesquisa com nove entrevistas presenciais a colaboradores de empresas produtoras, de reciclagem ou gestão de resíduos a quem foi apresentada uma proposta de simbiose de resíduos envolvendo a sua empresa e a Secil, assentando na base dos princípios da participação pública. Foram identificados resíduos com possibilidade de incorporação na cimenteira e em alguns casos o sentido inverso, tendo sido possível propor a criação de um ecossistema industrial na zona de Setúbal. Depois destas, foi feita uma nova entrevista à Secil que identificou os resíduos com possibilidade real de incorporação no processo produtivo do cimento. Foram identificados 19 resíduos que se propõem aplicar em simbioses industriais, 11 com vista à sua valorização energética e oito para valorização material e ainda 15 numa ótica de gestão de resíduos, uma vez que seriam enviados para uma empresa dessa área de atividade.

As simbioses propostas envolveram apenas resíduos, uma vez que a fábrica Secil-Outão não possui infraestruturas que permitam a troca de energia e a água utilizada é de origem subterrânea. Esta fábrica encontra-se também no Parque Natural da Arrábida e essa situação impossibilita ou condiciona novas construções. Foram encontradas ainda neste âmbito, possibilidades de aumento de eficiência energética, com produção de energia a partir do calor dos fornos que é dissipado para a atmosfera. A fábrica está de momento a considerar a hipótese, já tendo havido um primeiro estudo sobre este tema.

Quanto ao conhecimento adquirido através entrevistas sobre o tema em estudo, permitiu retirar algumas conclusões. Em termos de conhecimento do conceito e aplicação de princípios de um ecossistema industrial, ficou patente a sua importância no funcionamento das empresas, nomeadamente na gestão de resíduos, aquisição de matérias-primas e processos de fabrico. A partir da Figura 6.4 resultante da compilação das respostas conseguem retirar-se algumas ilações. Verifica-se que as empresas dão prioridade a simbioses que não envolvam grandes custos de transporte, como demonstrado pela proximidade entre empresas que possuem cooperações.

Foi ainda possível compreender que grande parte das ligações que envolvem o transporte a distâncias mais longas têm como destino empresas de gestão de resíduos. Este facto pode significar efetivamente a falta de opções para tratar ou valorizar os seus próprios resíduos ou evidenciar uma situação abordada aquando das entrevistas, o “afunilamento” do resíduo para uma empresa de gestão de resíduos devido à legislação em vigor. Uma empresa para se licenciar como recetor de resíduos terá de realizar investimentos a nível económico e cumprir toda a burocracia necessária, o que muitas vezes leva as indústrias a desistir desta opção.

Com as vantagens reconhecidas pelas empresas entrevistadas, fica patente a importância dos princípios de ecologia industrial que hoje em dia são postos em prática. A sua aplicação permite a melhoria dos resultados ambientais mas também económicos, através da diminuição dos custos de eliminação dos resíduos e da oferta de matérias-primas secundárias com preços mais competitivos que os das matérias-primas naturais. O conceito e princípios de um ecossistema industrial promovem ainda a identificação de novas oportunidades de melhoria do próprio produto, contribuindo para um impacto positivo para o cliente que cada vez mais se preocupa com a pegada ecológica e certificação ambiental do produto que transaciona.

No entanto, ainda há muitos progressos a conceber nesta área. O excesso de burocracia é um dos mais importantes entraves à aplicação dos princípios de ecologia industrial, condicionados pelos termos legais em vigor e pela morosidade dos processos. Estes factos foram referidos pelas

empresas contactadas, as quais demonstraram vontade em melhorar o seu desempenho na área da gestão de resíduos, mas muitas vezes não têm meios para os alcançar. Este será um facto a considerar por parte das entidades competentes nestas matérias, as quais deverão simplificar estes processos, contribuindo para a eficiência da sua atividade.

Outros entraves são os custos associados e a tipologia e características os resíduos. Os custos de transporte de resíduos e tratamento em Portugal foram considerados muito elevados, não incentivando as empresas a investimentos que poderiam resultar em poupança ou lucro a médio/longo prazo. Como as características dos resíduos depois de gerados não são “ótimas” para todas as áreas de atividades industriais, muitos necessitam de um pré-tratamento que irá influenciar ainda mais o custo do resíduo. Este fator pode ainda potenciar a existência de *lobbies* e situações de monopólio num mercado que ainda tem pouca oferta em termos de possibilidades de tratamento de alguns tipos de resíduo.

Assim, foram identificadas várias oportunidades de melhoria como a desburocratização dos processos de licenciamento e transferência de resíduos entre empresas. Há também a oportunidade de continuar a desclassificação de resíduos, isto é “estabelecer requisitos para que substâncias ou objetos resultantes de um processo produtivo possam ser considerados subprodutos e não resíduos” (APA, 2016), eliminando assim grande parte das dificuldades burocráticas associadas a estes materiais. Deverá ainda ser aumentado o investimento, contribuindo para a modernização dos processos industriais, de reciclagem, tratamento e valorização e a cooperação entre empresas. Este último foi também um ponto relevante discutido nas entrevistas, uma vez que há falta de comunicação e cooperação entre empresas, que poderiam criar simbioses com benefícios em várias áreas. Das 9 entrevistas efetuadas, todas as respostas vão no sentido de abertura à cooperação com outras indústrias, que poderia ser facilitada com uma plataforma *online* para empresas ou com o aumento da sensibilização dos gestores para esta problemática.

Conclui-se que os objetivos da dissertação foram cumpridos, tendo sido identificados vários fatores que afetam a aplicação dos princípios de ecossistema e simbioses industriais, a gestão de resíduos e a aquisição e transporte de matérias-primas. O caminho a seguir deverá ser o de investimento em reciclagem e tratamento de resíduos, de modo a baixar o seu custo. Assim, evitava-se a deposição em aterro que muitas vezes tem um custo mais baixo do que o tratamento, sendo assim mais económico seguir essa opção. Muitas vezes no final dos processos, existem materiais recicláveis mas contaminados com outros, o que neste momento e em Portugal inviabiliza a reciclagem. Nestes casos poderá promover-se a valorização energética, sendo que as empresas deverão estar sensibilizadas para todas estas questões, tratando os seus resíduos da forma mais responsável e promovendo uma separação correta dos mesmos. Sendo as empresas as maiores beneficiadas com as simbioses industriais, estas devem procurar continuamente novas opções de ligações e prosseguir uma melhoria das suas práticas e do seu negócio, tendo em vista o seu desenvolvimento sustentável.

## **7.1 Limitações do estudo**

A maior dificuldade encontrada neste trabalho envolveu o processo de organização e realização de entrevistas com os colaboradores das empresas, cuja disponibilidade é limitada para responder às solicitações como as efetuadas. Noutros casos, foi demonstrado pouco interesse em discutir situações muitas vezes incómodas como aspetos dos seus próprios processos e práticas, enunciando problemas de confidencialidade que não permitiram a recolha de informação. Nesta fase de realização do trabalho foi despendido muito tempo, o que deixa antever igualmente a necessidade de planear adequadamente os recursos e tempo exigidos em novas aplicações do modelo proposto.

Este estudo possui ainda limitações ao nível das características dos resíduos identificados. Os resíduos identificados como possibilidade de simbiose na cimenteira fazem parte da licença ambiental

da Secil, ou seja, em princípio a sua aplicabilidade técnica está garantida embora não se tenha feito um estudo técnico sobre a sua real aplicabilidade e rentabilidade.

O modelo foi testado preliminarmente através de um conjunto de ferramentas. Será necessário implementar o modelo utilizando outro tipo de ferramentas, desde a fase de definição do âmbito até à fase de implementação.

## **7.2 Desenvolvimentos Futuros**

Com o desenvolvimento deste trabalho foram identificadas algumas oportunidades de melhoria de modo a complementar as informações e conclusões apresentadas. Assim, os seguintes tópicos representam possibilidades de novos estudos futuros.

- . Estudos técnicos de aplicabilidade e rentabilidade das simbioses que se propõem;
- . Consideração de outras áreas de atividade da Secil, como a produção de argamassas secas pré-preparadas, prefabricados de betão, revestimentos, compostos de madeira-cimento e de betão-pronto e agregados de modo a permitir uma abrangência maior em termos de resíduos com possibilidade de incorporação nos processos de fabrico;
- . Criação de uma plataforma *online* que promova a comunicação entre empresas e facilite a troca de resíduos entre estas.
- . Tal como referido anteriormente, trabalhos futuros poderão explorar a replicação do modelo proposto noutros contextos e organizações do setor, bem como recorrendo a diferentes ferramentas propostas para avaliar a sua eficácia num processo de identificação de oportunidades de simbioses industriais.



## Referências Bibliográficas

ADP Fertilizantes (2016). Pesquisa sobre historial e atividades da empresa SOPAC. Disponível em <http://www.adp-fertilizantes.pt/templates/template2.aspx?M=157&F=36&L=70>. Acesso em Maio de 2016.

Ambicare (2016). Pesquisa sobre historial e atividade da empresa Ambicare. Disponível em <http://www.ambicare.com/pt-pt/empresa>. Acesso em Maio de 2016.

Amiri, A. & Vaseghi, M. R. (2014). Waste heat recovery power generation systems for cement production process. Industry Technical Conference EEE-IAS/PCA Cement. Orlando, Estados Unidos. Vol 51. Pp.1-13.

Ammenberg, J.; Baas, L.; Eklund, M.; Feiz, R.; Helgstrand, A.; Marshall, R. (2015). Improving the CO<sub>2</sub> performance of cement, part III: The relevance of industrial symbiosis and how to measure its impact. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 98. Pp. 145-155.

APA (2014) - Agência Portuguesa do Ambiente - APA. *Licença Ambiental da Secil – Companhia Geral de Cal e Cimento, SA*. Amadora, Portugal.

APA (2015) – Agência Portuguesa do Ambiente. Pesquisa de definições do EMAS. Disponível em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=120&sub2ref=125>. Acesso em Abril de 2015.

APA (2016a) – Agência Portuguesa do Ambiente. Pesquisa de informação sobre a Declaração do Rio. Disponível em [https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Políticas/DesenvolvimentoSustentavel/1992\\_Declaracao\\_Rio.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/DesenvolvimentoSustentavel/1992_Declaracao_Rio.pdf). Acesso em Agosto de 2016.

APA (2016b) – Agência Portuguesa do Ambiente. Pesquisa de informação sobre a Convenção de Aarhus. Disponível em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=142&sub2ref=726&sub3ref=727>. Acesso em Agosto de 2016.

APA (2016c) – Agência Portuguesa do Ambiente. Pesquisa de informação sobre a desclassificação de resíduos. Disponível em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=957>. Acesso em Março de 2016.

Araujo, E.S; Hidalgo, V.; Gianneti, F. B.; Cecilia M. V. B. Almeida, C.M.V.B (2003). *Ecologia Industrial: um Pouco de História*. Universidade Paulista. LaFTA – Laboratório de Físico-Química Teórica e Aplicada. São Paulo, Brasil.

AVE (2016). Pesquisa sobre a sua atividade. Disponível em <http://www.ave.pt/02actividade/>. Acesso em Março de 2016.

Baidya, R.; Ghosh, S. K.; Parlikar, U. V. (2016). Co-processing of Industrial Waste in Cement Kiln – A Robust System for Material and Energy Recovery. *Procedia Environmental Sciences*. Vol.31. pp. 309-317.

Banta, D. (2009). What is technology assessment?. *International journal of technology assessment in health care*. Cambridge, London. Vol.25. pp. 7-9.

Berkel, R.; Willems, E.; Lafleur, M (1997). Development of an industrial ecology toolbox for the introduction of industrial ecology in enterprises—I. *Journal of Cleaner Production*. Vol.5. pp. 11-25.

Boesch, M. E.; Koehler, A.; Hellweg, S. (2009). Model for cradle-to-gate life cycle assessment of clinker production. *Environmental Science and Technology*. Zurique, Suíça. Vol.43. pp. 7578-7583.

Boesch, M. E. & Hellweg, S. (2010). Identifying improvement potentials in cement production with life cycle assessment. *Environmental Science and Technology*. Zurique, Suíça. Vol. 44. Pp. 9143-9149.

Boix, M.; Montastruc, L.; Azzaro-Pantel, C.; Domenech, S. (2014). Optimization methods applied to the design of eco-industrial parks: A literature review. *Journal of Cleaner Production*. Toulouse, França. Vol.87. pp. 303-317.

Boons, F.; Spekkink, W.; Mouzakitis, Y. (2011). The dynamics of industrial symbiosis: A proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*. Roterdão, Holanda & Rio-Patras, Grécia. Vol. 19. Pp. 905-911.

Brunner, P. H. (2012). Substance Flow Analysis – A Key Tool for Effective Resource Management. *Journal of Industrial Ecology*. New Haven, Estados Unidos. Vol. 16. Pp. 293-295.

Castro, F.; Vilarinho, C.; Trancoso, D.; Ferreira, P.; Nunes, F.; Miragaia, A. (2009). Utilization of pulp and paper industry wastes as raw materials in cement clinker production. *International Journal of Materials Engineering Innovation*. Portugal. Vol.1 pp. 74-90.

CEMBUREAU (2009). Co-Processing of alternative fuels and raw materials in the European cement industry. Sustainable Cement Production. Vol.1. pp.1-19

Chertow, M.R (2007). “Uncovering” Industrial Symbiosis. Special feature on industrial symbiosis. Vol. 11. Pp. 11-30.

Clube do Concreto (2016). Disponível em <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/07/producao-do-cimento-esquema-e-um.html>. Acesso em Março de 2016.

Costa, C. (2009). *A Avaliação do Desenvolvimento Socioeconómico*. Manual Técnico II: Métodos e Técnicas – Instrumentos de enquadramento das conclusões da avaliação: Análise Multicritério. Observatório do QREN. Pp. 1.15.

Costanza, R.; Arge, R.; Groot, R. D.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; Neill, R.; Paruelo, J.; Raskin, R. G.; Paul, S. (1997). The value of the world' s ecosystem services and natural capital. *Nature*. Vol. 387. Pp. 253-260.

Despeisse, M., Ball, P. D.; Evans, S.; Levers, A. (2012). Industrial ecology at factory level - A conceptual model. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 31. Pp. 30-39.

Durbach, I. N.; Stewart, T. J. (2012). Modeling uncertainty in multi-criteria decision analysis. *European Journal of Operational Research*. Vol. 223. Pp. 1-14.

EEA - European Environmental Agency (2001). Scenarios as tools for international environmental assessments. Environmental issues report. Copenhagen, Dinamarca. Vol. 24. Pp. 1-31

Erdmann, L.; Hilty, L. M. (2010). Scenario analysis: Exploring the macroeconomic impacts of information and communication technologies on greenhouse gas emissions. *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 14. Pp. 826-843.

Feiz, R. (2014). *Industrial Ecology and Development of Production Systems Analysis of the CO<sub>2</sub> Footprint of Cement*. Division of Environmental Technology and Management Department of Management and Engineering. Linkoping, Suécia.

Garcia, M. D. L.; Sousa J. C. (2010). *Grits as a partial cement replacement for concrete*. Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies.

García-Gusano, D.; Cabal, H., Lechón, Y. (2015). Long-term behavior of CO<sub>2</sub> emissions from cement production in Spain: scenario analysis using an energy optimization model. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 99. Pp. 101-111.

Gondkar, S.; Sriramagiri, S.; Zondervan, E. (2012). Methodology for Assessment and Optimization of Industrial Eco-Systems. *Challenges*. Vol.3; pp. 49-69.

Hashimoto, S.; Fujita, T.; Geng, Y.; Nagasawa, E. (2010). Realizing CO<sub>2</sub> emission reduction through industrial symbiosis: A cement production case study for Kawasaki. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 54. Pp. 704-710.

Hendriks, C.A.; Worrell E.; De Jager, D.; Blok, K.; Riemer, P. (2002). Emission Reduction of Greenhouse Gases from the Cement Industry. IEA Greenhouse Gas R&D Programme. Reino Unido. Pp. 1-11.

Horváth, G. A.; Harazin, P. (2015). A framework for an industrial ecological decision support system to foster partnerships between businesses and governments for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 114. Pp. 214-223.

Huang, I. B.; Keisler, J.; Linkov, I. (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Science of the Total Environment*. Vol. 409. Pp. 3578-3594.

ICNF (2016) - Instituto de Conservação da Natureza. Pesquisa sobre o Plano de Ordenamento do Parque Natural da Arrábida. Disponível em <http://www.icnf.pt/portal/naturaclas/ordgest/poap/popnar>. Acesso em Fevereiro de 2016.

ISO (2010). *Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida. Requisitos e orientação*. Norma Portuguesa ISO 14044.

ISO (2011). *Environmental management systems -- Guidelines for incorporating ecodesign*. ISO 14006:2011.

ISO (2016). Pesquisa de definições da ISO 14001. Disponível em <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:en>. Acesso em Maio de 2016.

IUCN (1998). Economic Values of Protected Areas- Guidelines for Protected Area Managers. World Commission on Protected Areas (WCPA) - Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 2. Pp. 1-52.

Jiao, W.; Boons, F. (2014). Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 67. Pp. 14-25.

JRC Science and Policy Reports (2015). *Best Available Techniques (BAT). Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board*. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU – Integrated Pollution Prevention and Control.

Kamali, M.; Ghahremaninezhad, A. (2015). Investigating the hydration and microstructure of cement pastes modified with glass powders. *Construction & Building Materials*. Vol. 112. pp. 915-924.

Karellas, S.; Leontaritis, A. D.; Panousis, G.; Bellos, E.; Kakaras, E. (2013). Energetic and exergetic analysis of waste heat recovery systems in the cement industry. *Energy*. Vol. 58. Pp. 147-156.

Khalili, N. R.; Duecker, S. (2013). Application of multi-criteria decision analysis in design of sustainable environmental management system framework. *Journal of Cleaner Production*. Vol.47. pp. 188-198.

Kytzia, S.; Nathani, C. (2004). Bridging the gap to economic analysis: economic tools for industrial ecology. *Progress in Industrial Ecology – An International Journal*. Vol.1. Pp. 143-164.

Lamas, W. D. Q.; Palau, J. C. F.; Camargo, J. R. D. (2012). Waste materials co-processing in cement industry: Ecological efficiency of waste reuse. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol.19. pp. 200-207.

Jaafar, M.; Aziz, A. R. A.; Ramayah, T.; Saad, B. (2006). Integrating information technology in the construction industry: Technology readiness assessment of Malaysian contractors. *International Journal of Project Management*. Vol. 25. pp. 115-120.

Jacquemin, L.; Pontalier, P. (2012). Life cycle assessment (LCA) applied to the process industry: a review. *International Journal Life Cycle Assessment*. Vol.17. pp. 1028-1041.

Lafarge (2008). From waste to resource: creating a sustainable industrial system. Lafarge report.

Lisnave (2016). Pesquisa referente ao historial da empresa. Disponível em <http://www.lisnave.pt/company.htm>. Acesso em Maio de 2016.

Luo, Q.; Li, P.; Cai, L.; Zhou, P.; Tang, D.; Zhai, P.; Zhang, Q. (2014). Thermoelectric Waste-Heat-Recovery System for Portland Cement Rotary Kilns. *Journal of Electronic Materials*. Vol.44. pp. 1750-1762.

Marinho, M.; Kiperstok, A. (2001). Ecologia industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional. *TECBAHIA Revista Baiana de Tecnologia*. Vol.11. pp. 271-279.

Matias, D. (2012). *Análise do potencial de valorização dos resíduos de Licor Verde da Indústria de Pasta de Papel*. Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Mendoza, G., Macoun, P. (1999). Guidelines for Applying Multi-Criteria Analysis to the Assessment of Criteria and Indicators. Center for International Forestry Research. Vol.1. pp. 1-82.

Modolo, R., Benta, A.; Ferreira, V. M.; Machado, L. M. (2010). Pulp and paper plant wastes valorisation in bituminous mixes. *Waste Management*. Vol. 30. Pp. 685-696.

Oliveira, R.; De Brito, J.; Veiga, R. (2015). Reduction of the cement content in rendering mortars with fine glass aggregates. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 95. Pp. 75-88.

Paris, J. M.; Roessler, J. G.; Ferraro, C. C.; Deford, H. D.; Townsend, T. G. (2016). A review of waste products utilized as supplements to Portland cement in concrete. *Journal of Cleaner Production*. Vol.121. pp. 1-18.

Parmalat (2016). Pesquisa do historial da empresa Parmalat. Disponível em [http://www.parmalat.pt/index.php?include=content&page=Despre%20noi&module\\_name=Companie&record\\_id=1](http://www.parmalat.pt/index.php?include=content&page=Despre%20noi&module_name=Companie&record_id=1). Acesso em Maio de 2016.

Patala, S.; Hämäläinen, S.; Jalkala, A.; Pesonen, H. L. (2014). Towards a broader perspective on the forms of eco-industrial networks. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 82. Pp. 166-178.

Phillips, A. (1998). Economic Values of Protected Areas - Guidelines for Protected Area Managers. World Commission on Protected Areas (WCPA). Vol.2. pp. 1-52.

Pigosso, D. C. A.; Rozenfeld, H.; McAloone, T. C. (2013). Ecodesign maturity model: A management framework to support eco-design implementation into manufacturing companies. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 59. Pp. 160-173.

Plouffe, S.; Lanoie, P.; Berneman, C.; Vernier, M. F. (2011). Economic benefits tied to eco-design. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 19. Pp. 573-579.



Reginacork (2016). Pesquisa sobre a atividade e historial da Reginacork. Disponível em <http://www.reginacork.pt/about-us/>. Acesso em Maio de 2016.

Safetykleen (2016). Pesquisa do historial e atividade da empresa Safetykleen. Disponível em <http://www.safetykleen.eu/pt>. Acesso em Maio de 2016.

Samolada, M. C.; Zabaniotou, A. A. (2014). Energetic valorization of SRF in dedicated plants and cement kilns and guidelines for application in Greece and Cyprus. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 84. Pp. 34-43.

Santos, R.; Martinho, S.; Antunes, P. (2001). Estudo sobre Sector Elétrico e Ambiente, 2º Relatório - Avaliação Económica dos Impactes Ambientais do Sector Elétrico. Centro de Economia Ecológica e Gestão do Ambiente. Lisboa. pp. 1-170.

Schianetz, K. (2003). O Eco-Balço – um instrumento de gestão ambiental para a verificação sistemática de aspetos ambientais significantes e acordo com a ISO 14001. ABES –Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Pp. 2366-2374.

Secil (2009). Relatório do Conselho de Administração 2010. Secil - Companhia Geral de Cal e Cimento. Disponível em [http://www.secil.pt/pdf/rc/rc\\_secil\\_2009.pdf](http://www.secil.pt/pdf/rc/rc_secil_2009.pdf) .Acesso em Maio de 2016.

Secil (2010). Relatório do Conselho de Administração 2010. Secil - Companhia Geral de Cal e Cimento. Disponível em [http://www.secil.pt/pdf/rc/rc\\_secil\\_2010.pdf](http://www.secil.pt/pdf/rc/rc_secil_2010.pdf). Acesso em Maio de 2016.

Secil. (2011). Relatório do Conselho de Administração 2011. Secil - Companhia Geral de Cal e Cimento. Disponível em [http://www.secil.pt/pdf/rc/rc\\_secil\\_2011.pdf](http://www.secil.pt/pdf/rc/rc_secil_2011.pdf). Acesso em Maio de 2016.

Secil (2012). Relatório do Conselho de Administração 2012. Secil - Companhia Geral de Cal e Cimento. Disponível em [http://www.secil.pt/pdf/rc/rc\\_secil\\_2012.pdf](http://www.secil.pt/pdf/rc/rc_secil_2012.pdf). Acesso em Maio de 2016.

Secil (2013). Relatório do Conselho de Administração 2013. Secil - Companhia Geral de Cal e Cimento. Disponível em [http://www.secil.pt/pdf/rc/rc\\_secil\\_2013.pdf](http://www.secil.pt/pdf/rc/rc_secil_2013.pdf). Acesso em Maio de 2016.

SECIL (2014a) –Relatório EMAS 2014. Secil - Companhia Geral de Cal e Cimento.

Secil (2014b) – Mapa Integrado de Registo de Resíduos, MIRR. Secil - Companhia Geral de Cal e Cimento.

Secil (2014c). Relatório do Conselho de Administração 2014. Secil - Companhia Geral de Cal e Cimento. Disponível em [http://www.secil.pt/pdf/rc/rc\\_secil\\_2014.pdf](http://www.secil.pt/pdf/rc/rc_secil_2014.pdf). Acesso em Maio de 2016.

Secil (2016). Pesquisa do histórico da empresa. Disponível em <http://www.secil.pt/default.asp?pag=historico>. Acesso em Maio de 2016.

SGS (2011) - ICS – Serviços internacionais de Certificação, Lda. O Caminho para a ISO 14001 – Evitar as armadilhas. SGS ICS UK. Vol. 1.2. pp. 1-42.

Silva, G.; Dacorso, A. L. R.; Costa, V. B.; Serio, L. C. D (2016). Relationships and Partnerships in Small Companies: Strengthening the Business through External Agents. BAR, Rio de Janeiro. Vol. 13, Pp. 1-18.

Silva, I. (2005). *Análise de cenário: teoria e aplicação para bancos de varejo no mercado brasileiro*. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo.

Sokka, L.; Antikainen, R.; Kauppi, P. (2004). Flows of nitrogen and phosphorus in municipal waste: a substance flow analysis in Finland. *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*. Vol.1. pp. 165-186.

The Navigator Company (2016). Pesquisa sobre atividade e historial da empresa. Disponível em <http://www.thenavigatorcompany.com/Institucional/Historia>. Acesso em Maio de 2016.

Tibbs, H. (1993). Industrial ecology: An environmental agenda for industry. *Whole Earth Review*. Vol.1. pp. 4-19.

Tudor, T.; Adam, E.; Bates, M. (2006). Drivers and limitations for the successful development and functioning of EIPs (eco-industrial parks): A literature review. *Ecological Economics*. Vol. 61. Pp. 199-207.

UE (2008). Guide to Cost-Benefit Analysis of investment projects. Comissão Europeia- Directorate General Regional Policy.

UE (2013). *Ecodesign – Your future. How ecodesign can help the environment by making products smarter*. União Europeia.

UE (2016). Regulamento nº 1221/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Novembro de 2009 , relativo à participação voluntária de organizações num sistema comunitário de ecogestão e auditoria (EMAS). Disponível em [http://ec.europa.eu/environment/emas/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm). Acesso em Maio de 2016.

van Oss, H. G; Padovani, A. C. (2003). Cement manufacture and the Environment- Part II: Environmental challenges and opportunities. *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 7. Pp. 93-126.

Varela, N.; Vieira, F. S. (2005). *Cimento : Uma matéria-prima essencial no fabrico de argamassas*. Secil Sa, Portugal.

Viroc (2016). Pesquisa sobre o historial e a atividade da empresa Viroc. Disponível em <http://www.viroc.pt/documentos.aspx?menuid=21>. Acesso em Maio de 2016.

VW Autoeuropa (2012). Relatório de Sustentabilidade da Volkswagen Autoeuropa. Disponível em <https://www.volkswagenautoeuropa.pt/sustentabilidade/relatorios-e-indicadores-ambientais/relatorio-de-sustentabilidade-2012.pdf>. Acesso em Maio de 2016.

WBSCD (2002). *Industrial Ecology in the cement industry*. Toward a Sustainable Cement industry. Vol. 9. Pp.1-37.

Zhang, Y.; Zheng, H.; Chen, B.; Su, M.; Liu, G. (2014). A review of industrial symbiosis research: theory and methodology. *Frontiers of Earth Science*. Vol. 9. Pp. 91-104.

Zhu, Q.; Lowe, E.; Wei, Y. (2007). Industrial Symbiosis in China A Case Study of the Guitang Group. *Journal of Industrial Ecology*. Vol.11. pp. 31-42.

## Anexos

### Anexo I: Identificação dos Colaboradores Entrevistados e Respetivas Funções

Tabela A1.1 – Colaboradores das empresas que concederam entrevistas

Empresa	Colaborador	Função
<b>Autoeuropa</b>	Eng. Manuel Ribeiro	Responsável pelo Departamento de Ambiente
<b>Lisnave</b>	Eng. Cláudia Spranger	Responsável pelo Departamento de Ambiente
<b>Parmalat</b>	Eng. Fernando Miguel Silva	Responsável pelo Departamento de Ambiente, Higiene e Segurança
<b>The Navigator Company</b>	Eng. Patrícia Castellano Rodrigues	Responsável pelo Departamento de Ambiente, Higiene e Segurança
	Eng. Henrique Figueira	Responsável pela Produção de Pasta e Energia
<b>Reginacork</b>	Eng. Carlos Garcia Ascenso	Administrador
<b>Sopac</b>	Eng. Susana Antunes	Responsável pelo Departamento de Ambiente
	Eng. Nuno Reis da Silva	Responsável do Departamento de Qualidade
<b>Viroc</b>	Eng. Lara Braz	Responsável pelo Departamento de Qualidade e Desenvolvimento
<b>Ambicare</b>	Eng. Nuno Dias	Responsável pelo Departamento de Ambiente
<b>Safetykleen</b>	Eng. Nádia Ferreira	Responsável pelo Departamento de Ambiente

## **Anexo II: Guião das entrevistas efetuadas às empresas selecionadas**

1. Está familiarizado com o conceito de ecossistema industrial?

(Se não, explicar resumidamente os conceitos e objetivos)

2. A empresa já aplica os conceitos na aquisição de matérias-primas, processos de fabrico e processamento de resíduos?

3. Quais as empresas com que cooperam? Que resíduos enviam?

4. Quais as vantagens que identifica com a aplicação destas práticas?

5. Quais os maiores entraves que identifica?

6. Que oportunidades de melhoria poderão existir para uma correta aplicação dos conceitos?

7. Estaria disposto a cooperar com mais empresas da zona industrial de Setúbal se isso trouxesse benefícios?

(Apresentar proposta de simbioses)

8. Já alguma delas foi estudada?

9. Está a ser implementada?

10. Se não, porquê?

11. Tem mais alguma sugestão para possibilidades de simbiose que envolvam a sua empresa?

### **Anexo III: Guião da entrevista efetuada ao colaborador da Secil**

1. Quais as vantagens que identifica com a aplicação do conceito de ecossistema industrial?
  2. Quais os maiores entraves que identifica?
  3. Que oportunidades de melhoria poderão existir para uma correta aplicação dos conceitos?
- Apresentação das propostas de simbiose
4. Como geria este resíduo?
  5. Como se avaliam na Secil os ganhos ambientais, custos económicos e aplicabilidade técnica? Através de ACV? Outras ferramentas?
  6. Já alguma delas foi estudada?
  7. Está a ser implementada?
  8. Se não, porquê?
  9. O que será necessário para poder aplicar estas simbioses?
  10. Como é o processo de identificação de novas oportunidades de simbiose? Que ferramentas são utilizadas? Quais as vantagens e desvantagens que identifica nestas ferramentas?
  11. Que possibilidade há numa indústria cimenteira de trocar energia ou água com outras indústrias? Em que fase do processo?
  12. Têm infraestruturas que permitam a troca de calor, energia ou água com outras indústrias da zona de Setúbal? Já foi pensado?
  13. Tem mais alguma sugestão para possibilidades de simbiose que envolvam a sua empresa?

#### Anexo IV: Documentos Consultados para a Definição do Âmbito

Empresa	Documento	Disponível em:
Ambicare	Licença Ambiental	<a href="http://www.ambicare.com/pt-pt/licenciamento">http://www.ambicare.com/pt-pt/licenciamento</a>
Autoeuropa	Relatórios de Sustentabilidade	<a href="https://www.volkswagenautoeuropa.pt/sustentabilidade/relatorios-e-indicadores-ambientais/">https://www.volkswagenautoeuropa.pt/sustentabilidade/relatorios-e-indicadores-ambientais/</a>
Lisnave	Licença Ambiental	<a href="http://ladigital.apambiente.pt/6.7/Lisnave%20Estaleiro%20da%20Mitrena/74_2007%20Lisnave%20Estaleiro%20da%20Mitrena.pdf">http://ladigital.apambiente.pt/6.7/Lisnave%20Estaleiro%20da%20Mitrena/74_2007%20Lisnave%20Estaleiro%20da%20Mitrena.pdf</a>
Parmalat	Licença Ambiental	<a href="http://ladigital.apambiente.pt/6.4c/Parmalat%20Portugal%20-%20Produtos%20Alimentares/455_1.0_2013%20Parmalat.pdf">http://ladigital.apambiente.pt/6.4c/Parmalat%20Portugal%20-%20Produtos%20Alimentares/455_1.0_2013%20Parmalat.pdf</a>
Reginacork	-	<a href="http://www.reginacork.pt/">http://www.reginacork.pt/</a>
Safetykleen	Licença Ambiental	<a href="http://ladigital.apambiente.pt/5.1/Safetykleen%20-%20Vila%20do%20Conde/LA%20n%20C2%BA%20445_1.0_2016%20Safetykleen.pdf">http://ladigital.apambiente.pt/5.1/Safetykleen%20-%20Vila%20do%20Conde/LA%20n%20C2%BA%20445_1.0_2016%20Safetykleen.pdf</a>
Secil	Licença Ambiental	<a href="http://ladigital.apambiente.pt/3.1a/Secil%20-%20Out%C3%A3o/LA%20515_3.0_2014%20-%20SECIL%20Out%C3%A3o.pdf">http://ladigital.apambiente.pt/3.1a/Secil%20-%20Out%C3%A3o/LA%20515_3.0_2014%20-%20SECIL%20Out%C3%A3o.pdf</a>
Sopac	Licença Ambiental	<a href="http://ladigital.apambiente.pt/4.3/Sopac%20-%20Sociedade%20Produtora%20de%20Adubos%20Compostos/164_2008%20Sopac.pdf">http://ladigital.apambiente.pt/4.3/Sopac%20-%20Sociedade%20Produtora%20de%20Adubos%20Compostos/164_2008%20Sopac.pdf</a>
The Navigator Company	Licença Ambiental	<a href="http://ladigital.apambiente.pt/6.1a/Portucel%20-%20Complexo%20Industrial%20de%20Set%C3%BAbal/11_2005_Portucel%20Setubal%20total.pdf">http://ladigital.apambiente.pt/6.1a/Portucel%20-%20Complexo%20Industrial%20de%20Set%C3%BAbal/11_2005_Portucel%20Setubal%20total.pdf</a>
Viroc	-	<a href="http://www.viroc.pt/homepage.aspx">http://www.viroc.pt/homepage.aspx</a>

## Anexo V: BREF's Utilizados para a Definição do Âmbito

BREF	Empresas abrangentes	Disponíveis em:
Food, Drink and Milk Industries	Parmalat	<a href="http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/">http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/</a>
Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilisers	Sopac	
Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide	Secil	
Production of Pulp, Paper and Boar	The Navigator Company	
Surface Treatment of Metals and Plastics	Lisnave	
	Autoeuropa	
Waste Treatment	Ambicare	
	Safetykleen	
Wood-based Panels Production	Viroc	
	Reginacork	
Waste Incineration	Secil	